



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS

Instituto de Matemática, Estatística e
Computação Científica

LUANA TAIS BASSANI

Sistema de Base de Regras Fuzzy como Método Alternativo para Avaliar o Risco de Doenças Cardiovasculares

Campinas

2016

Luana Tais Bassani

**Sistema de Base de Regras Fuzzy como Método
Alternativo para Avaliar o Risco de Doenças
Cardiovasculares**

Dissertação apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Matemática Aplicada.

Orientador: Rodney Carlos Bassanezi

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pela aluna Luana Tais Bassani e orientada pelo Prof. Dr. Rodney Carlos Bassanezi.

Campinas
2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica
Ana Regina Machado - CRB 8/5467

B293s Bassani, Luana Tais, 1992-
Sistema de base de regras fuzzy como método alternativo para avaliar o risco de doenças cardiovasculares / Luana Tais Bassani. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Rodney Carlos Bassanezi.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica.

1. Doenças cardiovasculares - Diagnóstico. 2. Doenças cardiovasculares - Prevenção - Modelos matemáticos. 3. Biomatemática. 4. Sistemas fuzzy. 5. Equações diferenciais. I. Bassanezi, Rodney Carlos, 1943-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Fuzzy rule-based system as alternative method to evaluate cardiovascular diseases risk

Palavras-chave em inglês:

Cardiovascular diseases - Diagnosis

Cardiovascular diseases - Prevention - Mathematical models

Biomathematics

Fuzzy systems

Differential equations

Área de concentração: Matemática Aplicada

Titulação: Mestra em Matemática Aplicada

Banca examinadora:

Rodney Carlos Bassanezi [Orientador]

Marcos Eduardo Ribeiro do Valle Mesquita

Akebo Yamakami

Data de defesa: 04-03-2016

Programa de Pós-Graduação: Matemática Aplicada

Dissertação de Mestrado defendida em 04 de março de 2016 e aprovada
Pela Banca Examinadora composta pelos Profs. Drs.

Prof.(a). Dr(a). RODNEY CARLOS BASSANEZI

Prof.(a). Dr(a). MARCOS EDUARDO RIBEIRO DO VALLE MESQUITA

Prof.(a). Dr(a). AKEBO YAMAKAMI

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

*Aos meus pais Cerilo e Salete,
à minha irmã Gabriele e
ao meu namorado Maiton,
afinal mesmo à distância
sempre estiveram presentes em minha vida.*

Agradecimentos

A Deus, pela oportunidade de iniciar o mestrado e também pela graça de chegar ao final invicta, com a dissertação concluída e com tantas aspirações.

Ao meu orientador, Rodney, pelo seu jeito brincalhão ao falar de coisas sérias, em todas as orientações, momentos em que sempre me alegraram e fortaleceram. Realmente sou muito grata pelo apoio e estímulo - dignos de admiração -, que certamente tornaram o mestrado mais agradável e fizeram destes dois anos inspiração para outros anos, de doutorado e mesmo de profissão.

A minha família, Salete (mãe), Cerilo (pai) e Gabriele (irmã), pelo respeito e apoio às minhas prioridades e também pelo amor incondicional e confortante que sempre demonstraram, ainda que com tamanha distância e diversas preocupações, por meio de contato diário via tecnologias.

Ao meu namorado, Maiton, pelo apoio nos momentos mais difíceis, por me ouvir com paciência e, principalmente, pela confiança em minha capacidade, o que sempre me motivou. Dono de uma compreensão não mensurável e uma companhia presente constantemente, que se dispôs a encontrar formas para superarmos uma distância de milhares de quilômetros, o que conseguimos com dificuldade, porém com êxito.

À UNICAMP e ao IMECC, pela ótima recepção e acolhida que demonstraram, o que motivou a vontade de concluir os estudos e de beneficiar a instituição em sua totalidade.

Ao Doutor Augusto, pelos dados e informações fornecidos, os quais subsidiaram a pesquisa.

Aos professores Akebo Yamakami, Estevão Laureano, Magda Peixoto e Marcos Valle, pelas críticas e sugestões, pelo apoio e pela confiança.

Aos professores, amigos, parentes e colegas marcantes, espalhados pelo país, que carrego como exemplo e terei em minha lembrança. Tantas pessoas humildes que me proporcionaram aprendizagens, não somente acerca da Matemática, mas também sobre a vida. Destaco os professores Fábio Balbo, José Wnilson, Gilmar Veloso, Karla Lovis, Luciano Alvarenga e Lucilaine Abitante, ambos do ensino superior, assim como Luciana Salvi, Elaine e Antonio Brighenti do ensino básico. Também agradeço em especial aos professores do IMECC: João Meyer, Petronio Pulino, Samuel Oliveira, Marcos Valle e Jamil Abreu. Ainda, destaco os colegas da graduação Paulo e Jennifer, e da pós-graduação: Sílvia, Fernanda, Nilson, Douglas, Elisama, Alex, Isaac, Michael, Tatiana, Arlyson, Ronaldo, Otávio, Ana e Chryslaine, Augusto, Rafael, Osmar, Tiemi, Aline, Ana, Ariquele, Valter,

Camile, Larissa, Fidélis, Gustavo, Daniel, Denise, Fábio, Victor e Aulísio.

À Sílvia, pois além de colega foi uma amiga muito presente, de forma que se fez uma companhia agradável e indispensável, pois me incentivou, apoiou e auxiliou em muitos momentos.

Aos amigos Paulo, Vanda, Carolina, Regina e Marcelo, porque tive a sorte de conhecê-los, e sem dúvida contribuíram para uma vida melhor em Campinas. Os considero bons amigos.

À existência da Modelagem Matemática, por me inspirar tamanha vontade de planejar e desenvolver práticas e por me fazer sorrir a cada prática concluída com êxito, de modo a me fazer sentir que posso mesmo ter vocação à docência. Obviamente, não poderia estar ausente durante o desenvolvimento da pesquisa.

À CAPES, pela bolsa recebida, a qual serviu como estímulo para prosseguir os estudos.

A todas as pessoas que, de certa forma, contribuíram durante minha vida acadêmica, minhas conquistas, meus sonhos e minhas aspirações.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

*“Nossa casa é um dos melhores lugares do mundo
para se ficar. Tem gente que acha deprimente
ficar em casa nos finais de semana.
Deprimente é não ter lar, não ter raízes!
Sair só é bom quando sabemos
que temos para onde voltar.”
(André Mansur).*

Resumo

As doenças cardiovasculares se manifestam nos seres humanos em grande proporção, de modo a estar incluídas nas principais causas de óbito, tanto no Brasil quanto no mundo. Nesse sentido, o presente estudo descreve a análise e a utilização de ferramental matemático advindo da teoria de conjuntos fuzzy, de modo a elaborar um método alternativo para diagnosticar o risco da incidência de doenças cardiovasculares, a fim de sugerir o diagnóstico e formas de preveni-las. Com a finalidade de entender a dinâmica do processo biológico, foram analisados diagnósticos médicos de pacientes assíduos de uma clínica localizada em Campinas/SP, os quais demonstraram o acompanhamento de um conjunto de variáveis verificadas a cada check-up. Foram estudadas as variáveis de risco para subsidiar a construção do sistema de base de regras fuzzy, para assim formular modelos matemáticos por meio da teoria de conjuntos fuzzy de forma a auxiliar o especialista no diagnóstico para possível previsão e prevenção de doenças cardiovasculares. Com efeito, um método alternativo para calcular o risco foi obtido ao selecionar as variáveis idade, pressão sistólica, tabagismo, diabetes e índice de massa corporal, as quais foram validadas por método estatístico. Além disso, é possível verificar a evolução do risco do paciente ao fixar as entradas de modo a variar apenas a idade e consequentemente o índice de massa corporal, o qual foi relacionado à idade por meio da modelagem e solução de equações diferenciais.

Palavras-chave: doença cardiovascular. diagnóstico. sistema de base de regras fuzzy. modelos matemáticos. equações diferenciais.

Abstract

The cardiovascular diseases manifest themselves in human beings in a large proportion, consequently they are included at the main causes of death, as far in Brazil as in the world. The present study describe the analysis and the use of mathematical tools by fuzzy sets theory, thus developing an alternative method to diagnosticate the risk of incidence of cardiovascular diseases, so as to suggest a diagnosis and prevent them. In order to understand the dynamics of biological processes, there were analyzed medical diagnostics of regular patients in a clinical located in Campinas/SP, which has demonstrated the monitoring of a set of variables that were measured every check-up. Risk variables were studied to support the construction of the fuzzy rule-based system, thus formulating mathematical models by fuzzy set theory in such a way that helps the expert in the diagnosis of possible prediction and prevention of cardiovascular diseases. In fact, an alternative method to calculate risk was obtained by selecting the variables of age, systolic blood pressure, smoking, diabetes and body mass index, which were validated by statistical method. Moreover, it turns possible to check the evolution of risk patient by setting the inputs and varying only age and consequently the body mass index, which was related to the age by modeling and solving differential equations.

Keywords: cardiovascular disease. diagnosis. fuzzy rule-based system. mathematical models. differential equations.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Esquema do coração, observado em corte longitudinal (THIEMANN, 201-).	22
Figura 2 – Comportamento do escore de risco em homens (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	30
Figura 3 – Comportamento do escore de risco em mulheres (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	30
Figura 4 – Comportamento do IMC feminino ao longo da idade.	35
Figura 5 – Modelo para o IMC feminino em percentil 95.	37
Figura 6 – Representação dos modelos para o IMC obtidos nos percentis 5, 50 e 95 femininos.	37
Figura 7 – Comportamento do IMC masculino ao longo da idade.	39
Figura 8 – Representação dos modelos para o IMC obtidos nos percentis 5, 50 e 95 masculinos.	40
Figura 9 – Correlação linear entre IGA e IMC.	42
Figura 10 – Ativações, saídas parciais e saída de um sistema fuzzy com duas entradas e uma saída.	51
Figura 11 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: Idade.	55
Figura 12 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: Pressão arterial sistólica.	56
Figura 13 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: IMC.	56
Figura 14 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: Grau do tabagismo.	57
Figura 15 – Distribuição fuzzy da variável de saída: Risco de doença cardiovascular em dez anos.	58
Figura 16 – Distribuição fuzzy da variável de entrada da base secundária: Frequência.	59
Figura 17 – Distribuição fuzzy da variável de entrada da base secundária: Tempo.	59
Figura 18 – Distribuição fuzzy da variável de saída da base secundária: Efeito do cigarro.	60
Figura 19 – Pertinência da idade nos dois conjuntos.	62
Figura 20 – Ativações em regras fuzzy.	63
Figura 21 – Correlação linear entre o Teste 2 e o SBRF.	68
Figura 22 – Correlação linear entre o Teste 1 e o SBRF.	69
Figura 23 – Correlação linear entre os testes 1 e 2.	69
Figura 24 – Correlação linear entre o SBRF e o Teste 3.	69
Figura 25 – Correlação linear entre diversos testes.	70
Figura 26 – Comparações entre os diferentes preditores de risco nos pacientes aleatórios.	71
Figura 27 – Comparações entre o Teste 3 e o SBRF nos pacientes aleatórios.	71

Figura 28 – Visualização da média entre os testes 1, 2 e 3 com o risco obtido pelo SBRF, nos pacientes da amostra.	72
Figura 29 – Correlação entre a média dos testes 1, 2 e 3 com o risco obtido pelo SBRF nos pacientes aleatórios.	72
Figura 30 – Semelhança entre os diagnósticos.	78
Figura 31 – Variação do risco em função da idade em três indivíduos aleatórios. . .	79
Figura 32 – Evolução de três panoramas.	80
Figura 33 – Evolução do risco de doenças cardiovasculares nos indivíduos de panoramas bom, intermediário e lesado.	82
Figura 34 – Influência da idade no risco dos panoramas bom, intermediário e lesado, respectivamente.	83

Lista de tabelas

Tabela 1 – Relação de idade e pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	25
Tabela 2 – Relação de colesterol total com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	25
Tabela 3 – Relação de tabagismo com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	26
Tabela 4 – Relação de colesterol HDL e a respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	26
Tabela 5 – Relação de pressão sistólica e a respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	26
Tabela 6 – Relação de idade e pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	27
Tabela 7 – Relação de colesterol total com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	27
Tabela 8 – Relação de tabagismo com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	27
Tabela 9 – Relação de colesterol HDL e a respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	28
Tabela 10 – Relação de pressão sistólica e a respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	28
Tabela 11 – Associação entre pontuação e percentual de risco pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	29
Tabela 12 – Associação entre pontuação e percentual de risco pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).	29
Tabela 13 – Intervalos e classificações para o IMC em pessoas de 19-60 anos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 199-).	32
Tabela 14 – Intervalos e classificações para o IMC em idosos com idade acima de 60 anos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).	33
Tabela 15 – Percentis do IMC na população feminina de acordo com o grupo de idade e o percentil. Extraído e adaptado de Sociedade Brasileira de Pediatria (199-).	33
Tabela 16 – Percentis do IMC na população masculina de acordo com o grupo de idade e o percentil. Extraído e adaptado de Sociedade Brasileira de Pediatria (199-).	38

Tabela 17 – Características dos pacientes aleatórios, onde CT: colesterol total, HDL: colesterol HDL, PS: pressão sistólica, D: diabetes, T: tabagismo e 1: Sim.	65
Tabela 18 – Riscos obtidos em diferentes diagnósticos para os pacientes aleatórios.	67
Tabela 19 – Correlações entre os preditores.	70
Tabela 20 – Descrição do teste de Wilcoxon.	76
Tabela 21 – Risco de acordo com determinadas características do indivíduo.	77
Tabela 22 – Análise de três casos: riscos de acordo com a idade e o panorama do indivíduo.	80

Lista de abreviaturas e siglas

Colesterol HDL	High Density Lipoproteins - Lipoproteína de alta densidade.
CC	Circunferência da cintura;
DAC	Doença arterial coronariana;
DCV	Doenças cardiovasculares;
EUA	Estados Unidos da América;
IGA	Índice Geral Antropométrico;
IMC	Índice de massa corporal;
Índice C	Índice de conicidade;
Média	Média aritmética entre os testes 1, 2 e 3 de Framingham;
NHI	National Heart Institute;
NHLBI	National Heart, Lung and Blood Institute;
P5, P15, P50, P85, P95	Percentis 5, 15, 50, 85 e 95 do IMC da população, conforme grupo de idade e gênero;
RCE	Risco coronariano elevado;
RCEst	Relação entre cintura e estatura;
RCQ	Relação cintura quadril;
SBRF	Sistema de base de regras fuzzy. Também pode representar o método alternativo desenvolvido por meio do SBRF;
Teste 1	“Risk Score Calculator” que utiliza de gênero, idade, pressão sistólica com tratamento ou não, diabetes, tabagismo e lipídios - colesterol total e HDL;
Teste 2	“Risk Score Calculator” que utiliza de gênero, idade, pressão sistólica com tratamento ou não, diabetes, tabagismo e índice de massa corporal;
Teste 3	Escore de Risco de Framingham. Relaciona por meio de pontuação as variáveis de risco gênero, idade, pressão sistólica com tratamento ou não, tabagismo e lipídios - colesterol total e HDL;
WHO	World Health Organization - Organização Mundial da Saúde (OMS).

Sumário

	Introdução	18
1	DOENÇAS CARDIOVASCULARES E TÓPICOS RELACIONADOS	21
	Doenças Cardiovasculares e Tópicos Relacionados	21
1.1	Escore de Risco de Framingham	24
1.1.1	Pontuações para Homens	25
1.1.2	Pontuações para Mulheres	26
1.1.3	Discussões acerca do Preditor	28
1.1.4	Preditores Alternativos	31
1.2	Investigação sobre o IMC nos Grupos de Idade pertencentes à Pesquisa	32
1.3	Estudo de Índices Antropométricos	40
1.4	Panorama Geral	42
2	TEORIA DE CONJUNTOS FUZZY	45
	Teoria de Conjuntos Fuzzy	45
2.1	(Sub)conjunto Fuzzy e Pertinência	45
2.2	O Conceito de α-nível e de Número Fuzzy	46
2.3	Relação Fuzzy e Regra Composicional de Inferência	47
2.4	Variável Linguística, Base de Regras, Método de Inferência de Mamdani e Defuzzificação	49
3	MÉTODO ALTERNATIVO PARA AVALIAR O RISCO DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES	53
	Método Alternativo para Avaliar o Risco de Doenças Cardiovasculares	53
3.1	Origem dos Dados	53
3.2	Seleção das Variáveis de Entrada, Elaboração da Variável de Saída e Descrição dos Subconjuntos Fuzzy	54
3.3	Base de Regras Fuzzy e Inferência	61
3.3.1	Exemplo 1	62
3.3.2	Exemplo 2	63
3.4	Análise dos Resultados	64
3.5	Teste Estatístico	74
3.6	Características do Método SBRF	76

3.6.1	Comparação entre o Método obtido com o SBRF e a Experiência do Especialista	76
3.7	Influência da Idade no Diagnóstico	78
3.7.1	Exemplo 1	78
3.7.2	Exemplo 2	79
4	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	Conclusões e Considerações Finais	84
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICES	90
	APÊNDICE A – SBRF PARA HOMENS	91
	APÊNDICE B – CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DO ESTUDO DE FRAMINGHAM	100
	APÊNDICE C – TABELA COM CARACTERÍSTICAS E RISCOS DOS PACIENTES	103

Introdução

Atualmente, observa-se que as doenças cardiovasculares (DCV) estão inclusas nas principais causas de óbito ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014](#)). De acordo com dados atualizados em 2014, verifica-se que no Brasil 29,4% de todas as mortes registradas em um ano foram por DCV, o mesmo que afirmar que 308 mil pessoas faleceram por infarto ou acidente vascular cerebral, sendo 60% das vítimas homens ([BRASIL, 2014](#)). Além disso, foram registradas 17,5 milhões de mortes em 2012 por doenças dessa natureza no mundo, o que representa um total de 3 a cada 10 mortes ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014](#)). Dessa forma, verifica-se a necessidade de desenvolver métodos para prever essas anomalias, com a finalidade de auxiliar o médico no diagnóstico do caso, bem como controlar aspectos da saúde que apresentam maior influência nas incidências e preveni-las.

Nesse contexto, sabe-se que existem inúmeras variáveis consideradas essenciais para o risco, algumas das quais são avaliadas subjetivamente. Em função disso, há diversos métodos estatísticos que foram elaborados utilizando algumas variáveis. A existência de métodos alternativos é atribuída aos aspectos subjetivos encontrados nas variáveis consideradas de risco bem como nos diagnósticos, a exemplificar fatores que se enquadram no caso de normalidade ou anormalidade como no colesterol total, apenas por ser de um valor representado por uma unidade menor ou maior que o número cientificamente atribuído através de estudos.

No entanto, ferramentas matemáticas podem ser utilizadas a fim de subsidiar análises e decisões, afinal verifica-se que “as ações humanas controlam os mais diversos sistemas do mundo real por meio de informações imprecisas” ([BARROS; BASSANEZI, 2010](#), p. 115). Nesse sentido, percebe-se que o desenvolvimento da Matemática contribui com a sociedade, afinal, ao desenvolver-se traz aplicações, muitas das quais auxiliam os seres humanos, visto que procuram “respostas traduzidas por números para suas ‘incertezas’” ([BARROS; BASSANEZI, 2010](#), p. 198).

A partir dessa realidade, pode-se utilizar a Teoria dos Conjuntos e da Lógica Fuzzy, visto que serve como uma ferramenta útil para diversas áreas das ciências, justamente por tratar de forma adequada as subjetividades e propiciar o tratamento de incertezas dadas por conceitos com fronteiras incertas. Dessa forma, torna-se possível criar modelos matemáticos, o que justifica o fato de ser amplamente explorada na modelagem de fenômenos biológicos ([BARROS; BASSANEZI, 2010](#); [CASTANHO, 2005](#); [JAFELICE et al., 2004](#); [PEIXOTO, 2005](#); [SANTOS, 2008](#); [SILVEIRA, 2007](#); [SILVEIRA; VENDITE; BARROS, 2008](#)).

Ao longo da pesquisa, utilizou-se a modelagem matemática, uma vez que

sua inserção pode auxiliar na compreensão de fenômenos biológicos, afinal seu estudo possibilita a elaboração de modelos. Nesse sentido, entende-se por modelo matemático “um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado” (BASSANEZI, 200-, p. 12). Um modelo matemático permite estabelecer relações, “fazer previsões, tomar decisões, explicar e entender; enfim, participar do mundo real com capacidade de influenciar em suas mudanças” (BASSANEZI, 200-, p. 14), as quais são proporcionadas porque nesse processo o indivíduo age sobre a realidade, de modo a inferir as próprias interpretações.

Quanto à utilização da Teoria dos conjuntos Fuzzy, justifica-se ao considerar a subjetividade intrínseca ao se tratar da relação entre aspectos da saúde de seres humanos, pois ela existe e é importante (BASSANEZI; FILHO; UDELSMANN, 2011). O uso não causa perda de veracidade no estudo, afinal se reconhece que a maior parte do “conhecimento médico [...] é intrinsecamente incerta: as medidas são imprecisas, as categorias linguísticas são caracterizadas por limites vagos ou imprecisos, a co-ocorrência de sintomas e doenças é estatisticamente incerta e dados médicos [...] são frequentemente incompletos” (CASTANHO, 2005, p. 1).

Assim, pode-se trabalhar com modelos mais flexíveis do que os modelos determinísticos e mesmo estocásticos, nos quais a modelagem também é utilizada. Além do mais, os modelos matemáticos desenvolvidos com a utilização da Teoria dos conjuntos fuzzy são utilizados na medicina desde a década de 70 (CASTANHO, 2005).

Essa aplicação torna-se possível visto que a referida teoria propicia atribuir graus de pertinência para determinados fenômenos com relação a um conjunto. Tais graus “representam qualidades ou verdades parciais ou ainda padrões do melhor” (BARROS; BASSANEZI, 2010, p. 11), afinal, denotam incerteza, fazendo com que um elemento pertença a uma classe com mais ou menos intensidade, o que possibilita lidar com fronteiras incertas e, por consequência, incerta será a propriedade que define o conjunto (BARROS; BASSANEZI, 2010). Dessa forma, essa teoria - introduzida por Zadeh em 1965 -, possibilitou programar e armazenar dados incertos, considerados aproximados (BARROS; BASSANEZI, 2010).

No momento em que o profissional da saúde formula um diagnóstico, baseia-se nos sintomas que são característicos da doença. Dessa forma, precisa lidar com situações em que um mesmo sintoma pode estar relacionado a várias doenças ou situações em que deve estimar o quanto o paciente apresenta a doença, o que pode ser expresso por um valor de pertinência, sendo possibilitado por meio de conceitos Fuzzy.

De fato, estudos dessa natureza podem contribuir na avaliação do diagnóstico, uma vez que as doenças cardiovasculares tem um aspecto de ser, de certa forma, resultantes de hábitos e escolhas de cada indivíduo (LIBBY et al., 2010).

Sabe-se que as políticas públicas utilizam das medidas de fatores de risco para definir o impacto que eles têm na população (LIBBY et al., 2010). Além disso, “o risco atribuível à população é um conceito importante para determinar a alocação de recursos entre várias intervenções preventivas, priorizando as políticas de saúde pública” (LIBBY et al., 2010, p. 1122).

Ao motivar-se pela realidade brevemente descrita, objetivou-se propor um método alternativo para predizer o risco da incidência de doenças cardiovasculares que se utiliza de um sistema de base de regras fuzzy (SBRF). Isso tornou-se possível ao analisar anomalias no organismo de seres humanos, registradas em relatórios clínicos, de modo a estabelecer comparativos com formas já conhecidas de diagnóstico e propiciar a previsão e prevenção de patologias futuras no que se refere a doenças cardiovasculares.

1 Doenças Cardiovasculares e Tópicos Relacionados

Tanto sob o panorama mundial quanto brasileiro, observa-se que as doenças cardiovasculares causam um número significativo de óbitos, de forma que caracterizam a causa principal de óbitos no mundo ([KRIEGER, 1998](#); [WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015a](#)). De fato, conforme os registros da organização mundial da saúde (WHO), em 2012 foram registrados no Brasil 214,2 casos de doenças cardiovasculares a cada 100 mil habitantes - o que depende da distribuição etária da população, afinal essa estimativa difere das taxas de mortalidade específicas por idade, observadas para cada população. Os casos foram registrados com maior ocorrência no sexo masculino ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 201-](#)). Um fato interessante foi que, de acordo com a mesma base de dados, registrou-se um número inferior de incidência quando comparado com o ano de 2000, que contabilizou 288,8 casos.

Apesar das pesquisas e um consequente aprimoramento em diagnósticos, nota-se que as doenças cardiovasculares atingem um número significativo da população que não se previne, além de causar sofrimento e incapacidade em um número ainda maior de casos ([LIBBY et al., 2010](#)). Ora, considerado o fato que a população está em uma crescente esperança de vida, o envelhecimento tende a aumentar o número de indivíduos atingidos, ainda que se verifique estabilização ou decréscimo dos percentuais de mortalidade cardiovascular ([LIBBY et al., 2010](#)).

Outra justificativa para o estudo e aprimoramento de diagnósticos que visam a previsão de doenças cardiovasculares refere-se aos gastos que geram na instância política. Nesse sentido, pode-se ressaltar que em 1995 foram gastos 137,7 bilhões de dólares, e desde então o valor investido aumenta nos EUA ([KRIEGER, 1998](#)).

Dentre as doenças classificadas nesse grupo, pode-se citar as seguintes doenças do coração e os vasos sanguíneos com a qual estão relacionadas: coronária - que atinge os vasos sanguíneos que abastecem o músculo do coração -, cerebrovascular - cujos vasos irrigam o cérebro -, periférica que flui para os braços e as pernas, reumática por causar danos no músculo do coração e nas válvulas cardíacas, congênita que causa deterioração da estrutura do coração no nascimento, trombose venosa profunda e embolia pulmonar - que formam coágulos de sangue nas veias das pernas, as quais podem se deslocar e atingir o coração ou os pulmões ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015a](#)). Ademais, pode-se destacar que os ataques cardíacos bem como os acidentes vasculares cerebrais se tratam, em geral, de eventos agudos que decorrem de um bloqueio, o qual impede o sangue de circular para o coração ou o cérebro, sendo que o bloqueio pode ser causado pelo acúmulo

de gordura na parte interna dos vasos sanguíneos ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015a](#)). De fato, dentre essas anomalias, pode-se ressaltar o infarto do miocárdio, que ocorre devido ao corte ou a redução repentina do suprimento sanguíneo do músculo cardíaco, que se deve a contração ou obstrução de uma artéria coronária, o que pode causar a morte ou insuficiência cardíaca ([UNIVERSIDADE ABERTA DO SUS, 2010](#)).

De fato, há inúmeras doenças que se manifestam no sistema circulatório humano, o qual é composto pelos sistemas vasculares sanguíneo e linfático. Referente ao sanguíneo, destaca-se que é o coração que impulsiona o sangue, o qual é transportado por artérias, vênulas e veias. Por outro lado, o linfático é unidirecional, composto pelos vasos linfáticos, de modo que realiza o transporte da periferia para o centro, e por conseguinte não se trata de um sistema circular ([MOL, 200-](#)).

Nesse sistema, pode-se destacar o coração (Figura 1), que se trata de um órgão que é formado no início da vida embrionária, a partir de um vaso sanguíneo, sendo constituído por três camadas, denominadas epicárdio, miocárdio e endocárdio, além de que conta com o sistema condutor de impulsos ([MOL, 200-](#)). Dessa forma, o coração desempenha a função de distribuir o sangue por todo o corpo ([THIEMANN, 201-](#)). Nele também podem ser estudados os átrios e as válvulas, sendo que após a contração dos átrios tem-se a contração dos ventrículos durante a sístole e seu relaxamento durante a diástole, os quais propiciam a pressão máxima e mínima, denominadas pressão sistólica e pressão diastólica, respectivamente ([THIEMANN, 201-](#)).

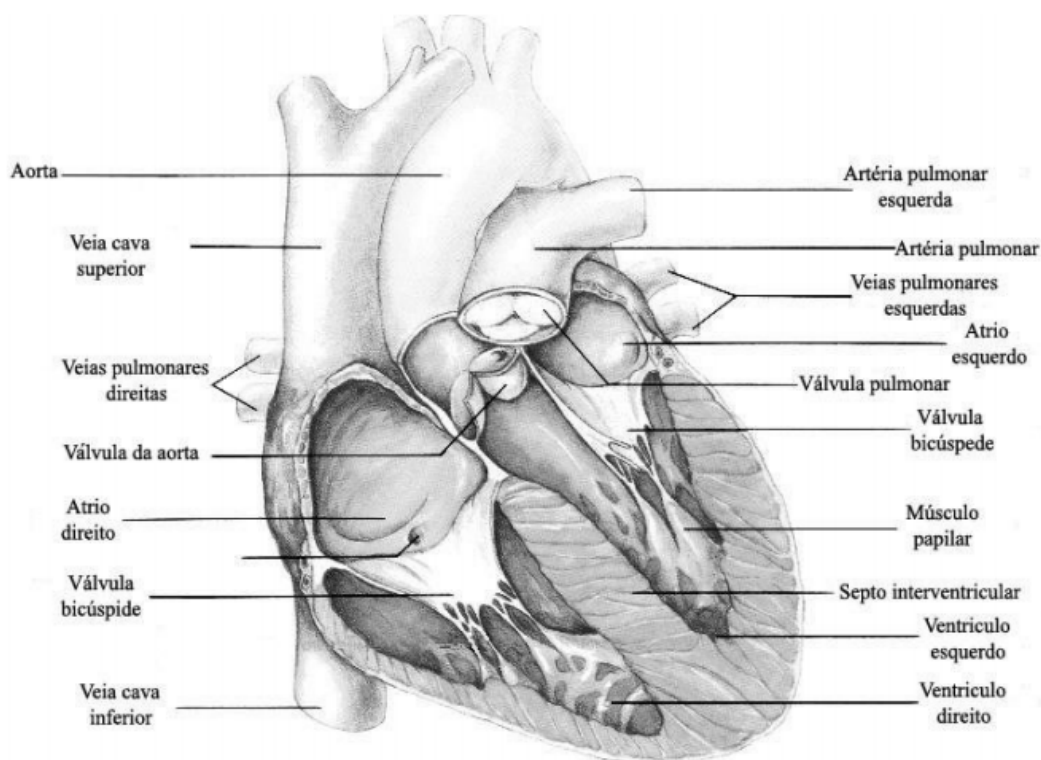


Figura 1 – Esquema do coração, observado em corte longitudinal ([THIEMANN, 201-](#)).

A fim de garantir a boa circulação nesse sistema, fatores de risco são estudados com a finalidade de compreender o fenômeno e buscar formas de prevenção. De fato, observa-se que os principais hábitos dos indivíduos que têm influência sobre as doenças cardiovasculares se referem ao consumo de tabaco, falta de atividade física, consumo de álcool e a ausência de uma alimentação saudável, sendo que ao abandonar esses hábitos o risco de doença cardiovascular é reduzido ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015a](#); [WORLD HEALTH ORGANIZATION, 200-](#)). Ressalta-se que a alimentação deve ser apropriada, afinal o IMC em adultos tem grande influência do peso do indivíduo, o que se discute na seção 1.2 e tem fundamentação nas conclusões de [Libby et al. \(2010, 1122\)](#), quando afirmaram que há muitos fatores que causam um aumento do risco de forma linear, porém, “a forma da curva de risco para obesidade parece não linear, aumentando o risco logaritmicamente”, o que representa que o aumento de um quilograma no peso associa um maior risco em indivíduos que já se encontram acima do peso ideal.

A avaliação do risco de um evento cardiovascular é importante uma vez que propõe formas de prevenir e a ela deve ser dada prioridade de tratamento, tanto em países desenvolvidos como os que estão em desenvolvimento ([LIBBY et al., 2010](#)). Desse modo, verifica-se que há políticas de saúde que criam ambientes propícios para fazer escolhas saudáveis a preços acessíveis, os quais têm a função de motivar e auxiliar as pessoas a adotar e manter comportamentos saudáveis ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015a](#)).

Nesse contexto, o risco é estimado considerando o valor preditivo de um fator de risco, a viabilidade e o custo necessário para avaliá-lo ([LIBBY et al., 2010](#)). De fato, observa-se que há diversos fatores de risco que se correlacionam, e assim torna-se possível prever o risco a partir de uma informação sobre alguns fatores de risco ([LIBBY et al., 2010](#)), o que proporciona avaliar apenas os fatores de fácil identificação, sendo que se torna suficiente essa análise em determinados casos. Nesse sentido, há fatores que são úteis na predição e os que não atentam para a redução de risco, ainda considerando que há fatores que englobam as duas categorias ([LIBBY et al., 2010](#)).

Embora se verifique uma redução de eventos cardiovasculares ao modificar fatores de risco, nota-se que não justificam a totalidade dos casos de incidência ([KRIEGER, 1998](#)). Pesquisas acerca de diagnósticos que buscam justificar e prever a incidência de doenças cardiovasculares são amplamente difundidas.

Resumidamente podemos dizer que os métodos utilizados para medir os riscos de DCV, baseados geralmente em variáveis imprecisas, fornecem informações que raramente podem ser comprovadas na prática pois os pacientes considerados com maiores riscos são frequentemente medicados. Assim, a “precisão” da medida de um risco de DCV deve ser descartada. Entretanto, quando o risco é considerado “alto”, tal medida serve para impressionar o paciente indicando medicamentos, atividades físicas, alimentação adequada,

entre outras ações. Além disso, um risco médio alto sugere ao médico que investigue outros fatores, como o histórico familiar e a rotina de trabalho desse paciente.

No seguimento, tem-se a descrição do Escore de Risco de Framingham, que tem sido utilizado inclusive na clínica em que foram fornecidos os relatórios de check-up para auxiliar o desenvolvimento desta pesquisa.

1.1 Escore de Risco de Framingham

Trata-se de um escore em que são elencadas diversas variáveis referentes à idade, gênero, colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL) colesterol, pressão arterial sistólica e tabagismo, distribuídas em intervalos clássicos, de modo que ao estudá-las e combiná-las, pode-se obter um total de pontos que associam um percentual de risco absoluto de ocorrer um evento de doença cardiovascular nos próximos 10 anos ([LIBBY et al., 2010](#)).

O estudo, denominado *Framingham Heart Study*, foi desenvolvido por meio do acompanhamento de um grupo de 9405 americanos ao longo de 40 anos ([BRAUNWALD, 1998](#)), tendo por início o ano de 1948 - uma vez que as taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares registraram aumento constante, tornando-se uma epidemia americana na época -, sob direção do Instituto Nacional do Coração, atual *National Heart, Lung, and Blood Institute* (NHLBI), de modo que perdurou até 2005, por meio da pesquisa com os filhos e cônjuges dos indivíduos recrutados inicialmente e então os netos ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 200-](#)).

No entanto, a importância atribuída aos principais fatores de risco de doenças cardiovasculares identificados pelo estudo pode ser aplicada universalmente, entre os diversos grupos raciais e étnicos, ainda que possa variar o padrão para cada grupo, uma vez que esses fatores têm sido pesquisados em outros estudos a fim da universalização ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 200-](#)). Além disso, esse escore é a ferramenta mais utilizada no mundo para avaliar o risco de um evento coronariano em casos de prevenção primária, mas especulações citam que é superestimado em determinadas populações ([TURA et al., 2006](#)).

Nesse contexto, verifica-se a aceitação dos preditores elaborados por esse grupo de estudo, os quais têm uma história de contínuo desenvolvimento, de modo que tem sido utilizado também no Brasil, ainda que as pesquisas que os subsidiaram foram desenvolvidas com uma população cuja cultura e costumes têm suas discrepâncias. Esse fato modifica, por exemplo, hábitos alimentares e jornada de trabalho.

Para compor o escore de um paciente, a cada variável é associada uma pontuação, a qual pode ser positiva quando se trata de um fator de risco, ou mesmo negativa, se

considerada um fator de proteção (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009). De acordo com o somatório de pontuações, estabelece-se um risco de doença cardiovascular para os próximos 10 anos, para cada paciente. As pontuações são determinadas da seguinte forma para homens e em seguida para mulheres.

1.1.1 Pontuações para Homens

i) Idade

Tabela 1 – Relação de idade e pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Idade	Pontos
20 - 34	- 9
35 - 39	- 4
40 - 44	0
45 - 49	3
50 - 54	6
55 - 59	8
60 - 64	10
65 - 69	11
70 - 74	12
75 - 79	13

ii) Colesterol total por Idade

Tabela 2 – Relação de colesterol total com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Colesterol total por Idade	20 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
< 160	0	0	0	0	0
160 - 199	4	3	2	1	0
200 - 239	7	5	3	1	0
240 - 279	9	6	4	2	1
≥ 280	11	8	5	3	1

iii) Tabagismo por Idade

Tabela 3 – Relação de tabagismo com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)).

Tabagismo por Idade	20 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
Não fuma	0	0	0	0	0
Fumante	8	5	3	1	1

iv) Colesterol HDL

Tabela 4 – Relação de colesterol HDL e a respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)).

Colesterol HDL	Pontos
≥ 60	- 1
50 - 59	0
40 - 49	1
< 40	2

v) Pressão Sistólica

Tabela 5 – Relação de pressão sistólica e a respectiva pontuação pelo escore no sexo masculino ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)).

Pressão Sistólica (mmHg)	Se não tratada	Se tratada
< 120	0	0
120 - 129	0	1
130 - 139	1	2
140 - 159	1	2
≥ 160	2	3

1.1.2 Pontuações para Mulheres

i) Idade

Tabela 6 – Relação de idade e pontuação pelo escore no sexo feminino ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)).

Idade	Pontos
20 - 34	- 7
35 - 39	- 3
40 - 44	0
45 - 49	3
50 - 54	6
55 - 59	8
60 - 64	10
65 - 69	12
70 - 74	14
75 - 79	16

ii) Colesterol total por Idade

Tabela 7 – Relação de colesterol total com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)).

Colesterol total por Idade	20 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
< 160	0	0	0	0	0
160 - 199	4	3	2	1	1
200 - 239	8	6	4	2	1
240 - 279	11	8	5	3	2
≥ 280	13	10	7	4	2

iii) Tabagismo por Idade

Tabela 8 – Relação de tabagismo com a idade e respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)).

Tabagismo por Idade	20 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
Não fuma	0	0	0	0	0
Fumante	9	7	4	2	1

iv) Colesterol HDL

Tabela 9 – Relação de colesterol HDL e a respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Colesterol HDL	Pontos
≥ 60	- 1
50 - 59	0
40 - 49	1
< 40	2

v) Pressão sistólica

Tabela 10 – Relação de pressão sistólica e a respectiva pontuação pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Pressão Sistólica (mmHg)	Se não tratada	Se tratada
< 120	0	0
120 - 129	1	3
130 - 139	2	4
140 - 159	3	5
≥ 160	4	6

1.1.3 Discussões acerca do Preditor

Por meio das tabelas anteriores, nota-se que a idade influencia significativamente o somatório dos pontos. Ainda, salienta-se que apenas para o colesterol HDL é encontrada a mesma tabela para ambos os sexos. Ao comparar o gênero, também se verifica que a mesma pontuação acumulada no somatório representa um risco superior aos homens do que às mulheres.

Por outro lado, a utilização do colesterol é questionável uma vez que é comum a orientação para o uso de medicamento regular a fim de normalizá-lo. Outro fato a ressaltar se refere ao hábito de fumar, afinal considera apenas a variável hábito de fumar e a idade do indivíduo, sem considerar o tempo desde o qual fuma ou a intensidade.

Nesse escore, são obtidas pontuações relacionadas a cada variável, e por consequência o somatório dos pontos é considerado como a saída do estudo, sendo que associa um percentual de risco conforme as tabelas 11 e 12.

Um fato observável nas tabelas 11 e 12 é que os homens apresentam risco maior que as mulheres mesmo quando têm a mesma pontuação (vide Figuras 2 e 3).

Consideram-se pacientes com um escore de risco de Framingham muito alto os que apresentam uma estimativa de risco de valor superior ou igual a 20%, e baixo risco quando possuem um escore inferior a 5%, sendo que casos entre 5% e 15% convém ao médico investigar informações adicionais (LIBBY et al., 2010).

Tabela 11 – Associação entre pontuação e percentual de risco pelo escore no sexo masculino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Somatório de Pontos	Risco (%) em 10 anos
< 0	< 1
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	2
6	2
7	3
8	4
9	5
10	6
11	8
12	10
13	12
14	16
15	20
16	25
≥ 17	≥ 30

Tabela 12 – Associação entre pontuação e percentual de risco pelo escore no sexo feminino (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Somatório de Pontos	Risco (%) em 10 anos
< 9	< 1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	2
14	2
15	3
16	4
17	5
18	6
19	8
20	11
21	14
22	17
23	22
24	27
≥ 25	≥ 30

A investigação tem sua importância evidenciada, uma vez que da tabela nota-se que o grau de risco possui um comportamento exponencial (Figuras 2 e 3).

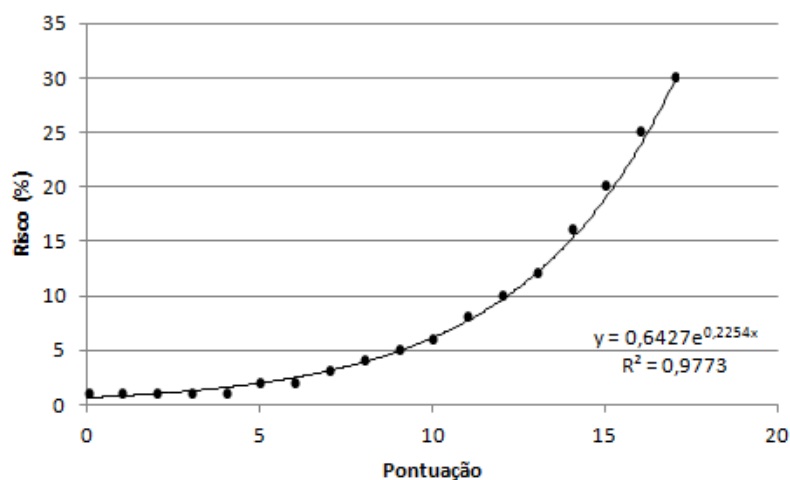


Figura 2 – Comportamento do escore de risco em homens (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

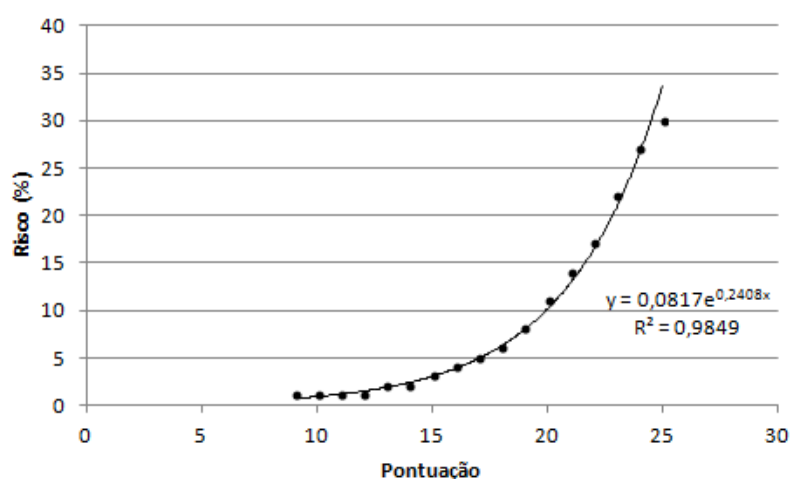


Figura 3 – Comportamento do escore de risco em mulheres (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001).

Esse escore de risco é amplamente utilizado em diagnósticos. Contudo, para casos em que houve percepção e registro de um evento cardiovascular anteriormente, recomenda-se um diagnóstico diferenciado, uma vez que esses pacientes apresentam um risco mais elevado do que os indivíduos que não têm doença conhecida, sendo que o risco pode até duplicar (LIBBY et al., 2010). Ainda, os autores relatam que aproximadamente 80% dos pacientes que apresentaram doença cardiovascular e sobreviveram, acabarão por falecer influenciados por uma doença cardiovascular, enquanto que para os indivíduos que não foi registrada uma doença cardiovascular, apresentam uma taxa de mortalidade reduzida à metade (LIBBY et al., 2010).

O método *Framingham Heart Study* é resultado de um contínuo aprimoramento, desde sua criação. Todavia, há outros preditores de risco, a citar o *Heart Systematic Coronary Risk Evaluation* ou *HeartScore*, que considera um número inferior de variáveis comparado aos preditores de Framingham, de modo que inclui apenas idade, gênero, pressão arterial sistólica e colesterol total, calculando dessa forma o risco de morte por doença cardiovascular em 10 anos, estudo que foi desenvolvido por grupos da Europa, envolvendo 12 países e mais de 200 mil indivíduos (LIBBY et al., 2010).

A motivação para compreender o escore de risco de Framingham se refere a aproveitar resultados do estudo e, com isso, desenvolver um método alternativo para a análise de risco que se adapte aos aspectos subjetivos. De fato, o estudo apresentado nas tabelas e gráficos subsidia o SBRF desenvolvido no capítulo 3, sendo que foi mencionado nos próximos capítulos como Teste 3.

1.1.4 Preditores Alternativos

Atualmente, pode-se encontrar preditores de risco desenvolvidos pelo estudo de Framingham, denominados “*Risk Score Calculators*” (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2008), os quais foram disponibilizadas para download em planilhas, no formato de arquivos executáveis pelo *software Microsoft Excel*.

Ao observar as planilhas, nota-se que dispõem de variáveis semelhantes para as entradas - gênero, idade, pressão sistólica com tratamento ou não, diabetes e tabagismo. Contudo, enquanto uma ferramenta faz uso dos lipídios - colesterol total e HDL - caracterizada ao longo do texto como Teste 1, a outra os substitui pelo índice de massa corporal (IMC) no Teste 2. Também há semelhança com relação à saída, uma vez que todas apresentam a opção de avaliar o risco cardiovascular em 10 anos.

Essa pequena diferença entre as planilhas é aceitável uma vez que ao paciente ser diagnosticado e possuir colesterol total alterado, ele recebe indicação para a ingestão de medicamento, de forma a controlá-lo. Assim, o Teste 1 poderia acusar um risco baixo, o que pode ser contrariado pelo Teste 2, afinal o IMC do indivíduo pode ser alto e então refletir um risco maior de manifestar as DCV.

Conforme descrito, os três testes permitem incluir se o paciente ingere medicamento para tratar a pressão arterial, o que foi considerado como “não tratada” para todos os pacientes, devido a informação obtida nos relatórios.

Com efeito, “o tratamento medicamentoso de diabetes, hipertensão arterial e os lipídios do sangue elevados podem ser necessárias para reduzir o risco cardiovascular e prevenir ataques cardíacos e derrames” (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015a).

Nesse contexto, observa-se que entre as variáveis de risco dos diversos preditores, estão incluídos alguns fatores de risco não modificáveis como idade e gênero, mas também

modificáveis, como tabagismo, obesidade e diabetes, além de emergentes de risco, como o colesterol LDL ([MOHAMAD et al., 2015](#)).

O objetivo principal desse trabalho é formular um método alternativo para previsão de DCV que considera as subjetividades inerentes aos fatores preditivos. Com efeito, o método propõe um SBRF (ver Apêndice A), confrontado com a experiência de um especialista, de modo a ser coerente com os Testes de Framingham.

Em busca de analisar a contribuição do IMC para com o risco de DCV, segue uma investigação acerca do seu comportamento com relação ao gênero, a fim de identificar quais os valores assumidos pela população em geral.

1.2 Investigação sobre o IMC nos Grupos de Idade pertencentes à Pesquisa

O índice de massa corporal (IMC) se refere a um índice comumente utilizado, que relaciona peso e estatura e permite classificar sobrepeso e obesidade em adultos. O cálculo se utiliza do peso do indivíduo (kg) dividido pelo quadrado da altura (m). Destaca-se que esse índice antropométrico é de ampla utilização em aspectos de saúde, uma vez que o sobrepeso e a obesidade são atribuídos ao acúmulo de gordura anormal ou excessivo, respectivamente ([WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015b](#)).

A motivação para o estudo desse índice antropométrico se trata da importância que tem em meio às variáveis de risco de incidência das DCV. Como o risco varia com a idade, considerou-se adequado analisar a variação do IMC com relação à idade dos indivíduos. Com efeito, de 19 a 60 anos considera-se a tabela 13.

Tabela 13 – Intervalos e classificações para o IMC em pessoas de 19-60 anos ([MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004](#); [SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 199-](#)).

IMC	Classificação
< 18,5	Subnutrido ou abaixo do peso
Entre 18,5 e 24,9	Peso ideal
Entre 25,0 e 29,9	Levemente acima do peso ou sobrepeso
Entre 30,0 e 34,9	Primeiro grau de obesidade
Entre 35,0 e 39,9	Segundo grau de obesidade
≥ 40	Obesidade mórbida

Destaca-se que com pequenas alterações na tabela é possível representar os níveis de IMC em idosos com idade superior, nesse caso já diferenciados por gênero (ver tabela 14). Ainda, os valores bem como as classificações diferenciam-se dos intervalos de IMC estabelecidos para crianças e jovens, o que não será abordado uma vez que a referida população não se trata do objeto de estudo.

Tabela 14 – Intervalos e classificações para o IMC em idosos com idade acima de 60 anos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

IMC	Classificação
Abaixo de 22	Subnutrido ou abaixo do peso
Entre 22 e 27	Peso ideal
Acima de 27	Excesso de peso

Ao relacionar dados a fim de obter a modelagem do comportamento do IMC com relação à idade em adultos, pode-se elaborar um modelo de previsão para as demais idades, que sirva de comparação a fim de identificar se o IMC do indivíduo está entre os valores encontrados na população de acordo com a idade.

De fato, com relação à população feminina, cujos dados estão dispostos na tabela 15, observa-se que o IMC - conforme o percentil 50 - tende a crescer ao decorrer dos anos. Além disso, o comportamento sugere se tratar de um crescimento exponencial assintótico. Dessa forma, pode-se iniciar o processo de modelagem de modo a encontrar uma curva que se ajuste adequadamente aos dados, o que possibilita estimar o valor do IMC dos grupos de idade que não foram definidos na tabela 15.

Tabela 15 – Percentis do IMC na população feminina de acordo com o grupo de idade e o percentil. Extraído e adaptado de Sociedade Brasileira de Pediatria (199-).

Idade	Grupo	P_5	P_{15}	$P_{50} (y_n)$	P_{85}	P_{95}
20-24	0	17,38	18,64	21,46	26,14	31,20
25-29	1	17,84	19,09	22,10	27,68	33,16
30-34	2	18,23	19,54	22,69	28,87	34,58
35-39	3	18,51	19,91	23,25	29,54	35,35
40-44	4	18,65	20,20	23,74	30,11	35,85
45-49	5	18,71	20,45	24,17	30,56	36,02
50-54	6	18,79	20,66	24,54	30,79	35,95
55-59	7	18,88	20,86	24,92	31,00	35,88
60-64	8	18,96	21,06	25,29	31,21	35,80
65-69	9	19,03	21,25	25,66	31,40	35,70
70-74	10	19,09	21,44	26,01	31,58	35,58

Como a altura estabiliza ao longo dos anos, nota-se que o peso exerce maior influência sobre o IMC. De qualquer modo, deve existir um limitante para o IMC, sendo possível calculá-lo pelo método de Ford-Walford, pois consiste em encontrar o ponto fixo $y_n = f(y_n)$, em que y_n mensura o IMC em cada estágio n . Para isso, relaciona-se y_n e y_{n+1} , de modo a obter o ajuste linear dado por

$$y_{n+1} = 0,9257y_n + 2,2208$$

Por meio da tabela 15, observa-se que ao decorrer a idade, o IMC aumenta, sendo que ao longo dos grupos etários verifica-se uma pequena variação, a qual caracteriza um crescimento exponencial assintótico. De fato, deseja-se investigar o valor limite y^* (BASSANEZI, 2012), de forma que

$$y^* = \lim_{n \rightarrow \infty} y_n$$

Com efeito, considera-se que uma sequência de pontos converge para o ponto (y^*, y^*) quando y^* for o ponto fixo da função f , tal que pela aplicação f resulta $y^* = f(y^*)$, logo y^* é estabelecido quando $y_{n+1} \approx y_n$ (BASSANEZI, 2012).

A fim de encontrar um ponto fixo para o qual a sequência converge, faz-se

$$y_{n+1} = f(y_n) = y_n$$

E com isso,

$$y_{n+1} - y_n = 0,9257y_n + 2,2208 - y_n,$$

em que se considera $y_{n+1} - y_n = 0$, pois $y_{n+1} \approx y_n$. Assim,

$$\begin{aligned} 0 &= -0,0743y_n + 2,2208 \\ y_n &= \frac{2,2208}{0,0743} \\ y_n &= y^* \approx 29,889 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Com a obtenção de 1.1, pode-se representar a assíntota, a qual é encontrada no gráfico da Figura 4. Ademais, ao considerar $w_i = y^* - y_i$, $i = 0, 1, \dots, 10$, pode-se ajustar os pontos por uma exponencial auxiliar dada por $w = ae^{bi}$. Em seguida, isola-se y adequadamente da forma:

$$w_i = y^* - y_i = ae^{bi} \Leftrightarrow y_i = y^* - ae^{bi} \tag{1.2}$$

Desse modelo, a partir da exponencial $y(t) = y^* - ae^{bt}$ são obtidos os valores necessários para representar variação. De fato, a equação diferencial que tem por solução uma função exponencial assintótica é da forma:

$$\frac{dy}{dt} = b(y^* - y),$$

com y_0 dado, observado na tabela. Portanto, segue que:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} &= b(29,889 - y) \\ y_0 &= 21,46 \end{cases}$$

Logo,

$$\begin{aligned}
 \int \frac{dy}{29,889 - y} &= \int bdt \\
 -\ln|29,889 - y| &= bt + c \\
 \ln|29,889 - y| &= -bt + c \\
 29,889 - y &= e^{-bt+c} \\
 29,889 - y &= ae^{-bt} \\
 y &= 29,889 - ae^{-bt}
 \end{aligned} \tag{1.3}$$

Utilizando da condição inicial para o percentil 50, com $t = 0$ é possível obter analiticamente o valor do coeficiente a , para em seguida obter o valor de b . Todavia, utilizou-se do *Excel* para obter os valores de a e b , a partir do ajuste exponencial de w . Por fim, obteve-se a curva auxiliar dada por $w = 8,3988e^{-0,076t}$, cujo $R^2 = 0,9994$. Unindo os termos, resulta que:

$$y = \text{IMC} = 29,889 - 8,3988e^{-0,076t}, \quad t \geq 0 \tag{1.4}$$

em que y se refere ao IMC e t faz referência à idade do indivíduo. Esse modelo se ajustou aos dados conforme o gráfico na Figura 4.

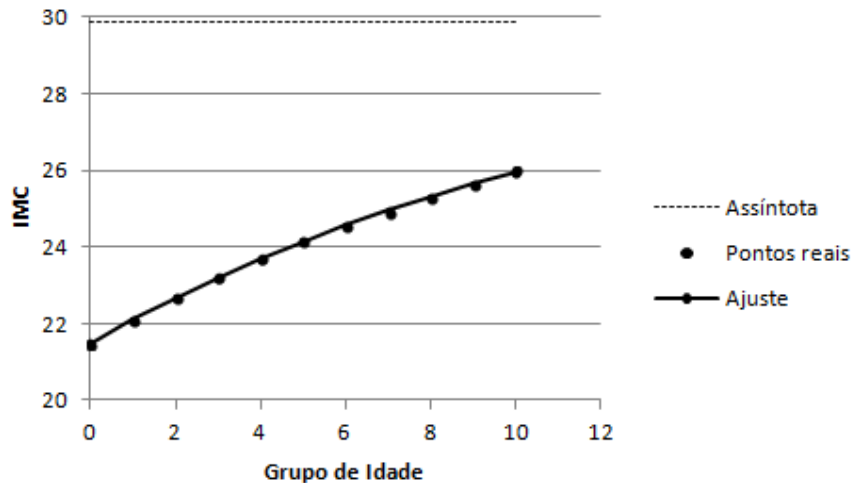


Figura 4 – Comportamento do IMC feminino ao longo da idade.

Em busca de prever o IMC considerado normal de acordo com a amostra da população utilizada na pesquisa, estima-se que em uma mulher de 80 anos - 12º grupo -, o IMC dado pela mediana assume o valor de 26,516, o qual reflete indivíduos abaixo do peso ou no peso ideal (ver tabela 14). Além disso, em uma mulher de 99 anos - 15º grupo -, espera-se que o IMC assuma o valor de 27,204, o qual representa que maior parte da população feminina possui IMC abaixo de 27,204, e assim engloba indivíduos abaixo do peso, ou peso ideal e ainda os que estão minimamente enquadrados em excesso de peso, conforme a tabela 14.

A fim de conhecer o intervalo do IMC para cada grupo de idade por meio dos percentis, para assim identificar se o indivíduo está em uma faixa de normalidade, pode-se adequar os percentis 5 e 95 a fim de obter o modelo para cada percentil. Ao iniciar com o percentil 5, utilizando da assíntota obtida no modelo do percentil 50 em 1.1, ajusta-se w e assim resulta a exponencial assintótica expressa por $w = 12,084e^{-0,013t}$, logo $y = 29,889 - 12,084e^{-0,013t}$.

Por outro lado, ao utilizar do valor da assíntota e considerar os dados do percentil 95, obtém-se um ajuste exponencial dado por $w = 2,9488e^{0,0958t}$, com $R^2 = 0,465$, e dessa forma o modelo não se ajusta satisfatoriamente aos dados, o que acontece porque os percentis 95 e 50 não convergem. Em função disso, é conveniente calcular o ponto fixo. Ora, como os dados tem um comportamento diferenciado entre $0 \leq t \leq 5$ e $t > 5$, é possível obter dois modelos parciais. Dado $0 \leq t \leq 5$, ao ajustar y_n e y_{n+1} , tem-se $y_{n+1} = 0,6191y_n + 13,926$, e dado o ponto fixo em que $y_{n+1} \approx y_n$, segue que:

$$\begin{aligned} 0 &= -0,3809y_n + 13,926 \\ y_n &= \frac{13,926}{0,3809} \\ y_n &= y^* \approx 36,561 \end{aligned} \tag{1.5}$$

E assim, w é ajustado da forma $w = 5,4851e^{-0,507t}$, $R^2 = 0,9993$, de onde conclui-se que

$$y = 36,561 - 5,4851e^{-0,507t}, \quad 0 \leq t \leq 5$$

Seja $t > 5$, em busca do ponto fixo, tem-se

$$\begin{aligned} y_{n+1} &= 1,1672y_n - 6,0854 \\ 0 &= 0,1672y_n - 6,0854 \\ y_n &= \frac{6,0854}{0,1672} \\ y_n &= y^* \approx 36,4 \end{aligned} \tag{1.6}$$

Com isso, segue que $w = 0,1772e^{0,1522t}$ ($R^2 = 0,9991$) e

$$y = 36,4 - 0,1772e^{0,1522t}, \quad t > 5$$

Dessa forma, pode-se representar os dois modelos pelo gráfico mostrado na Figura 5, e por fim os três modelos têm representação gráfica conforme a Figura 6.

Apesar dos valores assumidos pela mediana (26,516 e 27,204), estão enquadrados na faixa obtida pela modelagem dos percentis 5 e 95 os valores de 19,551 a 35,295 para uma idosa de 80-84 anos, e 19,947 a 34,658 com 95 a 99 anos.

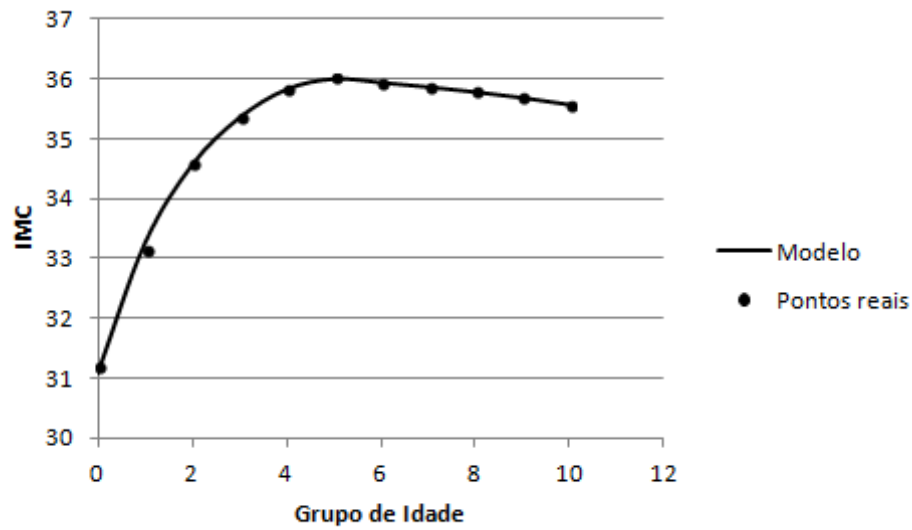


Figura 5 – Modelo para o IMC feminino em percentil 95.

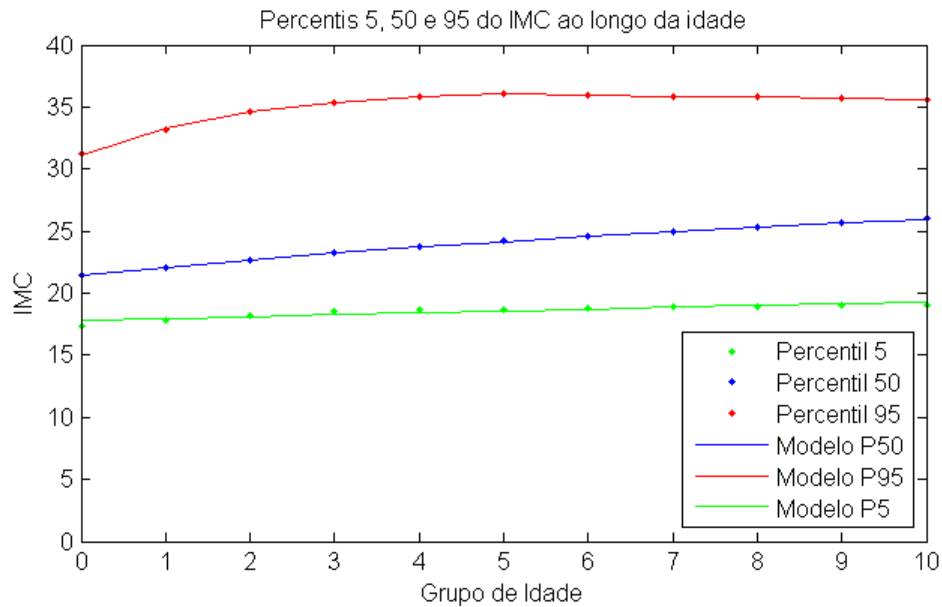


Figura 6 – Representação dos modelos para o IMC obtidos nos percentis 5, 50 e 95 femininos.

Contudo, nota-se na tabela 16 um comportamento diferenciado do IMC ao longo da idade para os homens, uma vez que os dados não se adequam satisfatoriamente a apenas um modelo.

A partir dos dados do percentil 50, é possível obter o seguinte ajuste linear para $0 \leq t \leq 5$, y_n e y_{n+1} ,

$$y_{n+1} = 0,554y_n + 11,447 \text{ com } R^2 = 0,9921$$

Assim, ao tomar $y_{n+1} - y_n$ em busca do ponto fixo, considerando $y_{n+1} \approx y_n = y^*$,

Tabela 16 – Percentis do IMC na população masculina de acordo com o grupo de idade e o percentil. Extraído e adaptado de [Sociedade Brasileira de Pediatria \(199-\)](#).

Idade	Grupo	P_5	P_{15}	$P_{50} (y_n)$	P_{85}	P_{95}
20-24	0	18,66	20,21	23,07	26,87	31,26
25-29	1	19,11	20,98	24,19	28,08	31,72
30-34	2	19,52	21,51	24,90	28,75	31,99
35-39	3	19,55	21,71	25,25	29,18	32,23
40-44	4	19,52	21,75	25,49	29,37	32,41
45-49	5	19,45	21,72	25,55	29,39	32,40
50-54	6	19,35	21,66	25,54	29,31	32,27
55-59	7	19,25	21,58	25,51	29,24	32,18
60-64	8	19,15	21,49	25,47	29,17	32,08
65-69	9	19,05	21,39	25,41	29,08	31,98
70-74	10	18,94	21,29	25,33	28,99	31,87

obtém-se,

$$\begin{aligned}
 0 &= 0,554y_n + 11,447 - y_n \\
 0 &= -0,446y_n + 11,447 \\
 y_n &= \frac{11,447}{0,446} \\
 y_n &= y^* \approx 25,67
 \end{aligned} \tag{1.7}$$

O que permite considerar como se houvesse uma assíntota para o modelo parcial, além de estabelecer a curva parcial que se ajusta a w , da forma $y = 2,7024e^{-0,644t}$. Assim, modela-se por

$$y = 25,67 - 2,7024e^{-0,644t}, \quad 0 \leq t \leq 5$$

Esse modelo produz a parte inicial do gráfico na Figura 7. Por outro lado, trabalhando com $5 < t \leq 10$, sabe-se que o valor decai, o que pode ser interpretado por meio de um segundo modelo. Assim, ajusta-se os dados y_n e y_{n+1} por

$$y_{n+1} = 1,4588y_n - 11,743$$

Logo, análogo aos casos anteriores, tem-se

$$\begin{aligned}
 0 &= 1,4588y_n - 11,743 \\
 y_n &= \frac{11,743}{1,4588} \Rightarrow y_n = y^* \approx 25,59
 \end{aligned} \tag{1.8}$$

O que proporciona a segunda curva auxiliar, de onde conclui-se que

$$y = 25,59 - 0,0066e^{0,3682t}, \quad t > 5$$

Por meio dos modelos, é possível plotar o gráfico (Figura 7) a fim de visualizar o comportamento do IMC em indivíduos que estão adequados a mediana.

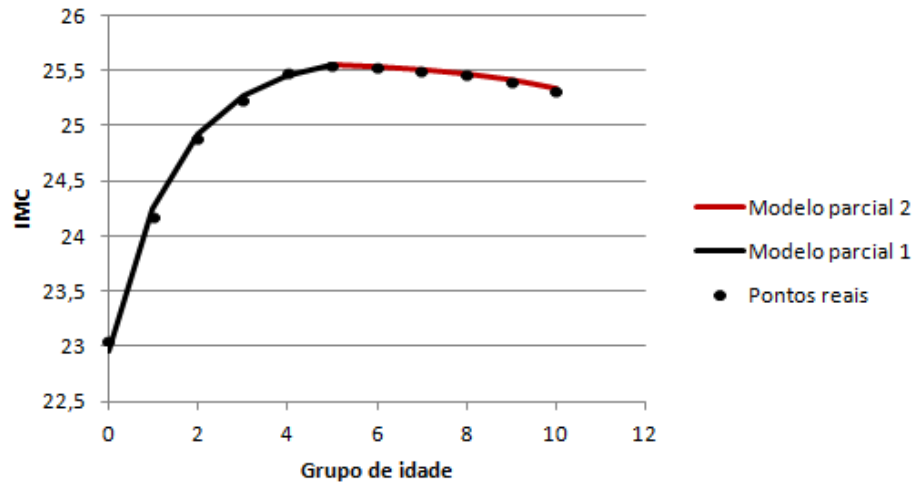


Figura 7 – Comportamento do IMC masculino ao longo da idade.

Nota-se que ao estudar o IMC provável em um indivíduo de 80 anos - 12º grupo - de acordo com o percentil 50, resulta 25,047, enquanto que para 99 anos - 15º grupo -, é de 23,942, ambos considerados peso ideal de acordo com a tabela 14. Referente aos demais percentis masculinos, ao repetir os limitantes encontrados para o percentil 50, analogamente obtém-se um modelo composto de duas sentenças para os percentis 5 e 95 masculinos.

Ao considerar $0 \leq t \leq 5$ e o percentil 5, tem-se como ajuste para w a exponencial $w = 6,7286e^{-0,023t}$, de modo a obter

$$y = 25,67 - 6,7286e^{-0,023t}$$

Já para $t > 5$, tem-se $w = 5,6773e^{0,0159t}$, o que resulta

$$y = 25,59 - 5,6773e^{0,0159t}$$

Por outro lado, para o percentil 95, dado $0 \leq y_n \leq 5$, obteve-se $w = 5,7662e^{0,0368t}$ e

$$y = 25,67 + 5,7662e^{0,0368t}$$

Já para $t > 5$, $w = 7,356e^{-0,016t}$,

$$y = 25,59 + 7,356e^{-0,016t}$$

Com isso, os percentis podem ser plotados conforme o gráfico da Figura 8.

Cabe salientar que, de acordo com o modelo, a faixa do IMC para um idoso de 80 a 84 anos é de 18,724 a 31,666, e de 95 a 99 anos é de 18,389 a 31,381. Assim, observa-se que em idosos, o homem possui IMC menor que a mulher, em geral, obtendo inclusive um número menor de indivíduos com excesso de peso conforme a tabela 14.

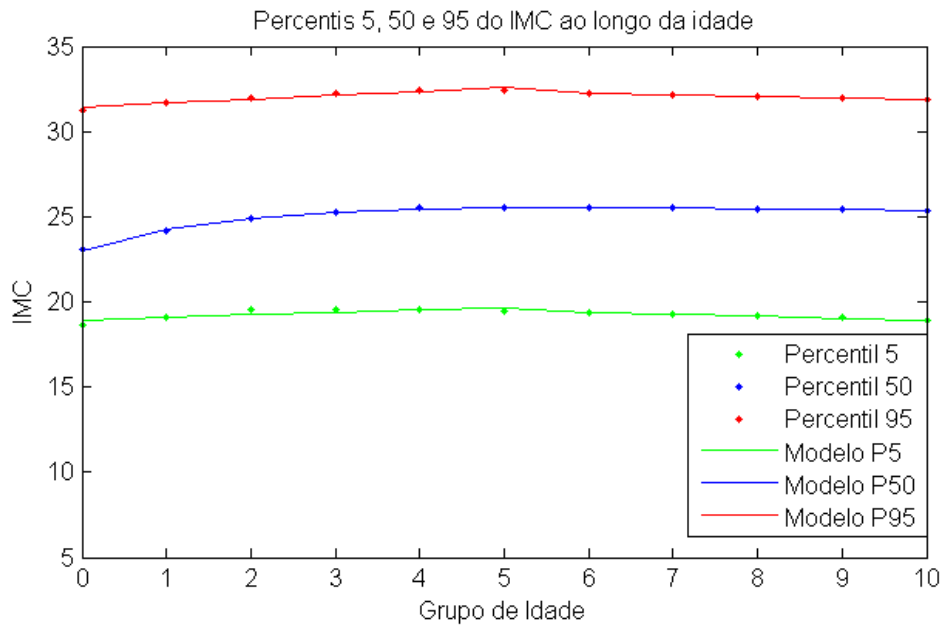


Figura 8 – Representação dos modelos para o IMC obtidos nos percentis 5, 50 e 95 masculinos.

Além disso, pode-se ressaltar que o modelo parcial 1 obtido (Figura 7) tem como primeira derivada $y' = -0,644 \cdot (-2,7) e^{-0,644t}$, resultando um valor positivo, o que reflete o comportamento do gráfico, uma vez que a variação é crescente. Por outro lado, no modelo parcial 2 tem-se uma variação negativa, uma vez que $y' = -0,0066 \cdot 0,3682 e^{0,3682t}$, o que justifica o comportamento decrescente do gráfico, o que também permite concluir que a partir do último grupo de idade o IMC continua com o comportamento monótono decrescente, afinal a idade não vai tender ao infinito para que y_n e y_{n+1} sejam aproximadamente iguais.

1.3 Estudo de Índices Antropométricos

Além do IMC existem outros índices antropométricos que são difundidos na comunidade médica. Nesse contexto, há estudos (MACHADO; SICHIERI, 2002) que relatam que a relação cintura quadril (RCQ) inadequada está associada a idade, tabagismo e IMC, de forma que está associado inversamente à atividade física em ambos os sexos. Ainda, pode-se destacar de Picon et al. (2007) que em uma pesquisa com pacientes diabéticos a circunferência da cintura (CC) apresentou uma considerável correlação com o IMC, tanto em homens quanto em mulheres, o que não ocorreu ao comparar RCQ com IMC. Além disso, observou-se que a circunferência da cintura tem maior associação a situações de risco cardiovascular que a RCQ. Ainda de acordo com Picon et al. (2007), concluiu-se por um estudo de base populacional finlandês que tanto a RCQ, quanto a medida da cintura e o IMC estiveram diretamente relacionados ao desenvolvimento de

eventos coronarianos, de forma que os homens com RCQ superior a 0,91 tem aumento de risco de eventos coronarianos em até três vezes, e homens com a cintura acima de 90 *cm* tem um aumento de duas vezes. Apesar disso, concluiu-se que com o uso isolado da cintura se estima obter uma melhor identificação clínica do risco cardiovascular nesse tipo de pacientes do que ao utilizar a RCQ.

Ademais, referente ao peso dos sujeitos da pesquisa, observou-se que para cada aumento de um quilograma do peso corporal houve um aumento na circunferência da cintura, proporcional a 0,69 *cm* em mulheres e 0,63 *cm* em homens (PICON et al., 2007).

Nesse contexto, pode-se encontrar pesquisas que relatam o uso da razão entre cintura e estatura (RCEst) como um indicador estatisticamente significante (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009). Há casos em que ao efetuar comparações, pesquisadores afirmam que a RCEst é o melhor dos índices para prever a doença arterial coronariana (DAC) em homens (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009). Ademais, observou-se que para a população analisada é indicado um ponto de corte de 0,5 para essa relação, em ambos os sexos bem como as diferentes idades e populações, o que de fato tem sentido biológico, afinal permite expressar uma relação entre o crescimento e a CC, sendo adequado que a CC corresponda a menos que a metade da altura (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009).

Entretanto, nota-se que tanto a CC como a RCQ são utilizadas para aferir a distribuição centralizada do tecido adiposo, mas há um limitante em utilizar esse índice antropométrico, o qual se refere as diferenças existentes em diversos grupos etários e raciais referentes à composição corporal, afinal dificultam o desenvolvimento de pontos de corte universais (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009).

Além disso, também existe o Índice de Conicidade (índice C), cujo cálculo é composto pelas medidas do peso, da estatura e da circunferência da cintura, o qual também é associado a fatores de risco cardiovascular (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009). Para o cálculo, utiliza-se da igualdade encontrada em Pitanga e Lessa (2004):

$$\text{Índice C} = \frac{\text{Circunferência da cintura(m)}}{0,109 \sqrt{\frac{\text{Peso Corporal (kg)}}{\text{Estatura(m)}}}} \quad (1.9)$$

Ao estudar esses índices, contudo, concluiu-se que não houve uma forte correlação com o IMC em nenhum dos acima citados. Dessa forma, optou-se por utilizar o IMC uma vez que também o preditor Teste 2 de Framingham o utiliza.

Nesse contexto, foi proposto como contribuição inédita da pesquisa um cálculo com mesma unidade de medida (kg/m^2), o que se refere ao denominado índice geral antropométrico (IGA). Assim, foram relacionadas mais variáveis da forma:

$$IGA = \frac{P(kg)}{((C + Q)(m)) \times A(m)},$$

em que P se refere ao peso dado em quilogramas, C à circunferência da cintura e Q à circunferência do quadril, ambas em metros. Ainda, A faz referência à altura, dada em metros.

Esse índice surgiu da busca por um cálculo similar ao IMC, contendo a cintura e o quadril, uma vez que o médico especialista orientou a investigação acerca da possibilidade de utilização das medidas de cintura e quadril, como variável de risco. De fato, ao comparar o IMC com IGA nos dados dos homens, observou-se uma correlação linear de $R^2 = 0,7955$, a qual está expressa no gráfico a seguir (Figura 9).

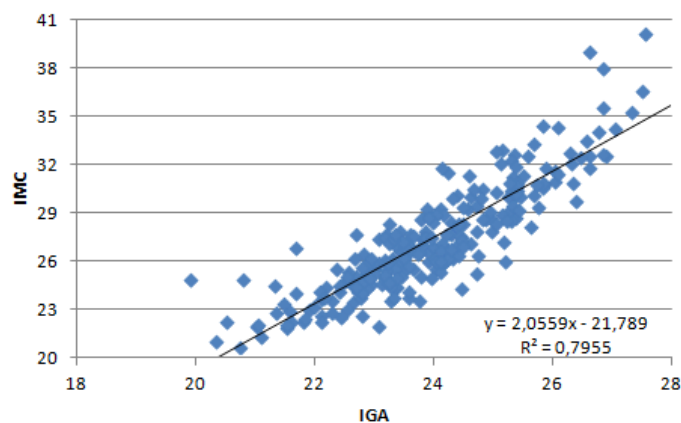


Figura 9 – Correlação linear entre IGA e IMC.

Investigações a cerca da correlação desse cálculo com o IMC na população feminina não foram desenvolvidas, sendo necessário aprimorar o estudo e elaborar o SBRF para o sexo feminino, a fim de analisar a contribuição de utilizar do IGA na predição.

No entanto, a utilização do IGA envolve um estudo biológico além de matemático, a fim de obter intervalos para os quais o IGA não interfere no risco de DCV, os que aumentam o risco e mesmo possíveis valores que se tratam de fatores de proteção. Nesse caso, a utilização poderia implicar no mesmo risco que o IMC, multiplicado pelo fator de correlação linear.

1.4 Panorama Geral

A obesidade predispõe o indivíduo a doenças cardiovasculares, especialmente no que se refere a obesidade abdominal (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009). Há alguns métodos mais sofisticados de diagnóstico que exigem um maior custo de equipamento e sofisticação metodológica, o que favorece a utilização de métodos antropométricos, uma vez que são instrumentos adequados que facilitam a avaliação do excesso de gordura corporal (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009).

A conscientização do indivíduo com relação a seu diagnóstico é importante, o que pode ser propiciado por meio do cálculo de escores de risco. De acordo com Libby

et al. (2010), se o indivíduo conseguir diminuir sua taxa de risco antes dos 50 anos de idade, o risco de desenvolver essas doenças reduz substancialmente, tanto em homens como mulheres, com tendência a uma sobrevida prolongada. Além disso, conforme os dados que foram apresentados, a idade é um preditor que está fortemente associado ao risco cardiovascular, além de que envolve facilidade e baixo custo para avaliar (LIBBY et al., 2010).

Ademais, o estudo do IMC nessa pesquisa é motivado por considerar que é um índice antropométrico com uma significativa divulgação com respeito ao conhecimento da população (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009), além de que, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO), o IMC é um fator de risco importante em doenças cardiovasculares, especialmente as doenças cardíacas e o acidente vascular cerebral, as quais foram as principais causas de óbitos em 2012, afinal o risco de ocorrência dessas doenças aumenta com o aumento do IMC (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015b). Apesar de se tratar de um bom indicador, sabe-se que o IMC não está totalmente correlacionado com a distribuição da gordura corporal (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009).

Referente a isso, por meio dos estudos de KENCHIAH et al (2002), concluiu-se que em indivíduos obesos, o risco de insuficiência cardíaca aumentou conforme agravou a obesidade - e por consequência o IMC -, sendo que a consistência em diversas análises permite concluir que há uma relação entre o aumento do IMC e a insuficiência cardíaca. Entretanto, os autores relatam que, em diversas referências, o IMC baixo tem associação ao aumento de mortalidade entre os pacientes com insuficiência cardíaca, contudo pela quantidade de amostras ponderam que não foi possível avaliar esse aspecto no estudo em que desenvolveram (KENCHIAH et al., 2002). Além disso, salienta-se que na população analisada pelo estudo foi predominante a raça branca, o que reduz a generalização dos resultados a outras raças (KENCHIAH et al., 2002). Ainda, destaca-se que se deve diferenciar a avaliação do IMC elevado como fator de risco para a insuficiência cardíaca e a influência que o mesmo possui após o início da insuficiência cardíaca (KENCHIAH et al., 2002).

A relação existente foi interpretada pelo *National Heart Institute* (NIH) de forma que dado o ajuste para fatores de risco conhecidos, houve um aumento no risco de insuficiência cardíaca equivalente a 5% para os homens e 7% para mulheres a cada aumento de uma unidade no índice de massa corporal (NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE, 2002). Além disso, por meio de comparações foi possível concluir que com relação a indivíduos de peso normal, nas mulheres obesas observou-se a duplicação do risco de insuficiência cardíaca, enquanto que em homens obesos houve aumento de 90% (NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE, 2002). Ainda, concluiu-se que a influência do IMC sobre o risco de insuficiência cardíaca não modificou com idade, gênero, tabagismo, alcoolismo, presença ou ausência de doença valvular ou diabetes (NATIONAL

HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE, 2002).

Um fato a ressaltar é que em situações que é interpretado um risco muito baixo ou muito alto, torna-se inútil avaliar mais aspectos, pois apresentarão pouca ou nenhuma informação adicional que seja relevante e influencie o tratamento do paciente (LIBBY et al., 2010). Contudo, há casos de diagnóstico em que obtém-se um risco intermediário, e torna-se interessante avaliar outros fatores (LIBBY et al., 2010).

Por mais que o Escore de Framingham auxilie em diagnósticos, nota-se que no Brasil poucos foram os estudos que o utilizaram para a determinação do risco cardiovascular (RODRIGUES; PHILIPPI, 2008), o que também motivou essa pesquisa.

Por fim, resalta-se que os índices antropométricos, a citar IMC, CC, RCQ, Índice C e RCEst, bem como o risco coronariano elevado (RCE), apresentam diferenças significativas com relação a aspectos estatísticos, ao avaliar homens e mulheres (HAUN; PITANGA; LESSA, 2009), sendo passível de estudo. No entanto, avaliar os índices antropométricos não é suficiente quando se estima evitar doenças cardíacas, sendo que outras variáveis ou fatores de risco devem ser inseridos, conforme abordado no capítulo 3.

2 Teoria de Conjuntos Fuzzy

Em aplicações matemáticas cuja resolução é importante, o processo de modelagem pode gerar a busca por soluções que envolvam graduações, como padrões de melhor e pior (BARROS; BASSANEZI, 2010). Nessas instâncias, convém utilizar a teoria de conjuntos fuzzy, ainda mais ao considerar a vasta aplicação em diagnósticos, de modo que pode-se justificá-la na previsão de doenças cardiovasculares.

Para isso, foram criadas variáveis para as entradas e a saída do sistema, de modo a classificar em termos linguísticos seu estado, representados por meio de funções de pertinência. Dessa forma, tornou-se possível elaborar um sistema de base de regras fuzzy (SBRF), em que se formulou o grau de risco a partir das operações entre as ativações das regras. Referente a isso, destaca-se que as operações foram determinadas por um módulo de inferência, o que por fim resultou em conjuntos de saída, os quais foram defuzzificados.

Assim sendo, esse capítulo tem a função de descrever os conceitos da teoria de conjuntos fuzzy que foram utilizados ao longo do processo de modelagem, a fim de obter um método para calcular o risco de DCV por meio de uma teoria matemática precisa. Essa teoria possibilita tratar objetos e/ou conceitos com fronteiras incertas, afinal a lógica fuzzy propicia estender a lógica clássica, além de representar e relacionar informações imprecisas, de forma a tornar possível a tomada de decisões (BARROS; BASSANEZI, 2010), o que se tornou necessário para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Nesse contexto, a validação dos resultados obtidos com a teoria fuzzy é estimada, uma vez que motiva-se a abordagem ao considerar que “a lógica clássica é uma espécie de limite da lógica fuzzy quando as incertezas tendem a zero” (BARROS; BASSANEZI, 2010, p. 80).

2.1 (Sub)conjunto Fuzzy e Pertinência

Para definir um (sub)conjunto fuzzy, amplia-se o contradomínio da função característica - encontrada na matemática clássica, cujo conjunto é $\{0, 1\}$ -, para o intervalo $[0, 1]$.

De fato, a partir de U um conjunto universo clássico, define-se um (sub)conjunto fuzzy A de U como a aplicação:

$$\varphi_A : U \rightarrow [0, 1], \quad (2.1)$$

sendo φ_A uma função pré-fixada denominada função de pertinência do subconjunto fuzzy

A .

Na tentativa de quantificar o grau de pertinência com que o elemento x de U está no conjunto fuzzy A , é utilizado o valor de pertinência $\varphi_A(x) \in [0, 1]$, em que $\varphi_A(x) = 0$ e $\varphi_A(x) = 1$ representam a não pertinência e a pertinência total ao conjunto.

Dessa forma, pode-se observar que A é composto de elementos x pertencentes a um conjunto clássico U e que possuem um valor de pertinência associado a A , representado por $\varphi_A(x)$. De acordo com a literatura, pode-se convencionar e denotar a função de pertinência φ_A apenas por A , sendo que a notação $\varphi_A(x)$ passa a ser apenas $A(x)$.

2.2 O Conceito de α -nível e de Número Fuzzy

Dados o subconjunto fuzzy A e $\alpha \in [0, 1]$, o α -nível de A é o subconjunto clássico de U da forma:

$$[A]^\alpha = \{x \in U : \varphi_A(x) \geq \alpha\}; \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad (2.2)$$

e $[A]^0$ - o nível zero - de um subconjunto fuzzy é o menor subconjunto clássico fechado de U que contém o conjunto suporte de A , denominado o fecho do suporte de A , indicado por $\overline{\text{supp}}(A)$.

Nesse sentido, salienta-se que o estabelecimento de α -níveis auxiliam na relação entre diferentes subconjuntos. De fato, um subconjunto fuzzy é formado por elementos que podem ser representados por graus, logo um elemento x de U pertence à determinada classe se apresentar grau de pertinência com valor maior que um dado nível $\alpha \in [0, 1]$, o qual define a classe. Desse modo, faz-se necessário o conceito para os casos em que os conjuntos não são clássicos, isto é, que possuem uma transição de pertinência para não pertinência de forma gradual, e não abrupta (CASTANHO, 2005).

A partir dessa definição pode-se caracterizar um número fuzzy. De acordo com Barros e Bassanezi (2010), um subconjunto fuzzy A é um número fuzzy se A está definida no conjunto universo dos números reais \mathbb{R} , e se satisfaz às seguintes condições:

- i) Todos os α -níveis de A são não vazios, em que $0 \leq \alpha \leq 1$;
- ii) Todos os α -níveis de A são intervalos fechados de \mathbb{R} ;
- iii) $\overline{\text{supp}}(A) = \{x \in \mathbb{R} : A(x) > 0\}$ é limitado.

Dessa forma, $[A]^\alpha$ é um intervalo fechado e não vazio. Em particular, pode-se representar os α -níveis do número A da forma $[A]^\alpha = [a_L^\alpha, a_S^\alpha]$.

Além disso, pode-se considerar que todo número real é um número fuzzy em que sua função de pertinência (a qual possibilita obter o valor de pertinência) coincide com sua função característica (BARROS; BASSANEZI, 2010).

Os números fuzzy que serão utilizados posteriormente são classificados como triangulares - cuja função de pertinência tem a forma de um triângulo com base no intervalo $[a, b]$ e um único vértice que não pertence a base, o ponto $(u, 1)$, em que $a, b, u \in \mathbb{R}$, com $a \leq u \leq b$ definida da forma:

$$A(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{u-a}, & \text{se } a < x \leq u \\ \frac{u-x}{u-b}, & \text{se } u < x \leq b \\ 0, & \text{se } x > b \end{cases}$$

Logo, com os números a, b, u define-se o número fuzzy triangular A , denotado pela terna $(a; u; b)$, de modo que a representação dos α -níveis são da forma

$$[a_I, a_S] = [(u-a)\alpha + a, (u-b)\alpha + b], \forall \alpha \in [0, 1]$$

Ora, como se verifica a possibilidade de existir $a \neq b$, é possível que o número fuzzy não seja simétrico.

Ademais, foram utilizados números fuzzy trapezoidais - cuja função de pertinência tem forma de trapézio -, definidos por:

$$A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{se } a \leq x < b \\ 1, & \text{se } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{se } c < x \leq d \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Com isso, resulta que os α -níveis tem a forma

$$[a_I, a_S] = [(b-a)\alpha + a, (c-d)\alpha + d], \forall \alpha \in [0, 1] \text{ com } a \leq b \leq c \leq d$$

2.3 Relação Fuzzy e Regra Composicional de Inferência

Uma relação fuzzy R se define pela função de pertinência $\varphi_R = R : U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n \rightarrow [0, 1]$. Assim, o número $R(x_1, x_2, \dots, x_n) \in [0, 1]$ indica o grau em que

os elementos x_i , $i = 1, \dots, n$ estão relacionados de acordo com a relação R (BARROS; BASSANEZI, 2010).

Referente a relação de inferência, pode-se destacar o produto cartesiano, o qual é utilizado em controladores. A fim de compreendê-la, nota-se que é similar a interseção. Contudo, na interseção tem-se subconjuntos de um mesmo universo, enquanto que com o produto cartesiano é possível utilizar subconjuntos diferentes. De fato, o produto cartesiano de A_1, A_2, \dots, A_n pertencentes a U_1, U_2, \dots, U_n respectivamente, é representada por $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$, em que a função de pertinência é dada por:

$$A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = A_1(x_1) \wedge A_2(x_2) \wedge \dots \wedge A_n(x_n),$$

em que \wedge é o mínimo.

Uma forma de obter a relação é ao considerar a regra composicional de inferência. Dados U e V dois conjuntos, $F(U)$ e $F(V)$ são as classes dos subconjuntos fuzzy de U e V , respectivamente, e R é uma relação binária sobre o cartesiano $U \times V$. Então a relação R define um funcional da forma $R : F(U) \rightarrow F(V)$, de modo a associar cada elemento $A \in F(U)$ com o elemento $B \in F(V)$, através da equação

$$B(y) = (A \circ R)(y) = A(x) \circ R(x, y) = \sup_{x \in U} [A(x) \triangle R(x, y)],$$

em que \triangle representa uma t-norma qualquer.

Uma t-norma é um operador $\triangle : [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $\triangle(x, y) = x \triangle y$ que satisfaz as seguintes condições:

- i) Elemento neutro: $\triangle(1, x) = 1 \triangle x = x$;
- ii) Comutativa: $\triangle(x, y) = x \triangle y = y \triangle x = \triangle(y, x)$;
- iii) Associativa: $x \triangle (y \triangle z) = (x \triangle y) \triangle z$;
- iv) Monotonicidade: se $x \leq u$ e $y \leq v$, então $x \triangle y \leq u \triangle v$.

Salienta-se que as t-normas estendem o operador \wedge , o qual modela o conectivo “e” na teoria clássica. Ainda existem t-conormas, as quais modelam o conectivo “ou” (BARROS; BASSANEZI, 2010), e serão utilizadas na regra composicional, a fim de calcular o supremo.

As t-conormas, por sua vez, são operadores $\nabla : [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $\nabla(x, y) = x \nabla y$ que satisfazem as seguintes condições:

- i) Elemento neutro: $\nabla(0, x) = 0 \nabla x = x$;
- ii) Comutativa: $\nabla(x, y) = x \nabla y = y \nabla x = \nabla(y, x)$;
- iii) Associativa: $x \nabla (y \nabla z) = (x \nabla y) \nabla z$;
- iv) Monotonicidade: se $x \leq u$ e $y \leq v$, então $x \nabla y \leq u \nabla v$.

2.4 Variável Linguística, Base de Regras, Método de Inferência de Mamdani e Defuzzificação

A ênfase atribuída nesta seção é motivada pelo fato de que o termo variável linguística se refere a uma variável na qual os valores assumidos são subconjuntos fuzzy, isto é, trata-se de um substantivo com valores que correspondem a adjetivos, que por sua vez são representados por conjuntos fuzzy (BARROS; BASSANEZI, 2010). De fato, os termos linguísticos servem para transcrever o conhecimento em forma de uma coleção de regras. Dessa forma, na base de regras estão incluídas as combinações possíveis entre as variáveis de entrada e as de saída, o que possibilita formar uma coleção de proposições (BASSANEZI; FILHO; UDELSMANN, 2011).

Na tentativa de explicar o procedimento utilizado, concordando com Barros e Bassanezi (2010), pode-se citar que tem-se a elaboração da base de regras que representa matematicamente as informações disponíveis na base de conhecimentos do sistema fuzzy, criada considerando as variáveis linguísticas selecionadas. Dado um SBRF, a cada entrada é associada uma ou mais saídas por meio do controlador - capaz de aproximar funções contínuas -, sendo o sistema uma função do \mathbb{R}^n em \mathbb{R}^m construída de forma que utiliza das funções de pertinência de cada conjunto fuzzy envolvido no processo, obtidas dentre algumas possibilidades, por ajustes de curvas e apelos intuitivos.

Um aspecto a ressaltar refere-se que a relação clássica entre dois elementos/conjuntos indica se há associação entre eles, enquanto que na relação fuzzy, além de indicar a existência, também indica qual é o grau, o que proporciona uma aproximação adequada ao exibir uma extensa base de regras, que reúne proposições da forma: se ‘estado’ então ‘resposta’ (BARROS; BASSANEZI, 2010). Dessa forma, cada estado e cada resposta advém dos valores adjetivos que assumem as variáveis linguísticas, representados pelo conjuntos fuzzy (BARROS; BASSANEZI, 2010), sendo que cada proposição fuzzy é atribuída uma denominação R_i , $i = 1, \dots, r$, com r sendo o número de regras da base.

A partir da disposição dos dados, faz-se necessário identificar as variáveis importantes no processo, tanto de entrada quando de saída do sistema, bem como os intervalos para classificar em termos linguísticos seu estado. Com isso, traduz-se os termos por uma função de pertinência, a qual caracteriza um subconjunto fuzzy, e dessa forma se

obtem a fase chamada de fuzzificação. É nessa fase em que a opinião do especialista, nesse caso o médico, tem relativa importância.

Em seguida, utiliza-se de um módulo de inferência fuzzy, criado para traduzir matematicamente cada proposição fuzzy, dentre os quais se destaca o método de Mamdani. Os métodos de inferência têm por finalidade calcular a variável resposta (saída) do SBRF a partir dos valores das variáveis de entrada, pois com os valores dos graus de pertinência das variáveis de entrada é possível encontrar o valor do grau de pertinência da variável resposta. Por fim, executa-se um método de defuzzificação, que consiste de um processo que possibilita representar o conjunto fuzzy por um número real.

Com efeito, após a fuzzificação e a elaboração da base de regras, com regras da forma:

Se x_1 é A_1 e x_2 é A_2 e \dots e x_n é A_n , então u_1 é B_1 e u_2 é B_2 e \dots e u_m é B_m ,

foram utilizados o método de inferência de Mamdani, além do método de centro de área para a defuzzificação.

O método de inferência propicia traduzir matematicamente as proposições fuzzy, sendo que o método de Mamdani propõe uma relação fuzzy binária e faz com que a cada regra R_i da base de regras, a condicional “Se x é A_i , então u é B_i ” seja modelada pelo mínimo, uma vez que adota-se a t-norma \wedge para o conectivo “e”.

Assim, tem-se que a relação fuzzy M , subconjunto do cartesiano $X \times U$, com função de pertinência:

$$M(x, u) = \max_{1 \leq i \leq r} (R_i(x, u)) = \max_{1 \leq i \leq r} [A_i(x) \wedge B_i(u)] \quad (2.3)$$

Observa-se a utilização da composição max-min, o que se torna a união após fazer a interseção, isto é, utiliza-se a união das saídas parciais de cada regra.

Com efeito, verifica-se outras formas possíveis para desenvolver a inferência. Porém, esse método tem sido abordado na literatura e considerado como possível de bons resultados. De fato, nota-se que ele utiliza do operador t-norma, mas baseando-se na t-norma do mínimo, a qual se refere ao uso do conectivo “e”.

Dado um sistema de base de regras, em que $A = A_1 \times A_2$, obtém-se o seguinte formato de regra e de inferência para duas entradas e apenas uma saída:

Se x_1 é A_{11} e x_2 é A_{12} , então u é B_1

Ou

Se x_1 é A_{21} e x_2 é A_{22} , então u é B_2

Então ao considerar a terna $t = (x_1, x_2, u)$, tem-se:

$$M(t) = \{A_{11}(x_1) \wedge A_{12}(x_2) \wedge B_1(u)\} \vee \{A_{21}(x_1) \wedge A_{22}(x_2) \wedge B_2(u)\} \quad (2.4)$$

$$= \max\{A_{11}(x_1) \wedge A_{12}(x_2) \wedge B_1(u), A_{21}(x_1) \wedge A_{22}(x_2) \wedge B_2(u)\} \quad (2.5)$$

Ao obter as saídas parciais por meio da inferência, faz-se a união e assim é obtida a saída final, conforme a Figura 10. Em geral, essa saída é uma superfície, e se for necessário traduzi-la em um valor crisp, deve-se defuzzificá-la, o que é possível com o método de centro de área, entre outros.

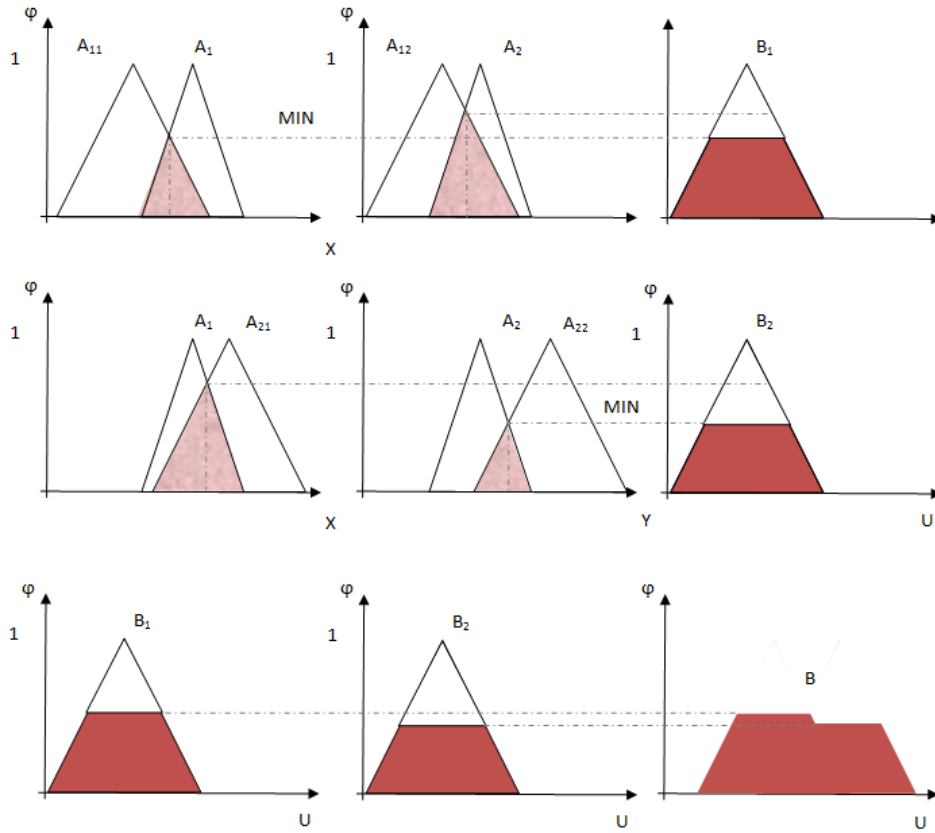


Figura 10 – Ativações, saídas parciais e saída de um sistema fuzzy com duas entradas e uma saída.

Observa-se na Figura 10 que entre as ativações de cada conjunto A_i é efetuado o mínimo, com $i = 1, 2$. O valor resultante representa a pertinência no conjunto de saída parcial B_i . Após obter a ativação em cada conjunto de saída parcial por meio de cada regra, faz-se a união dos conjuntos B_i .

Ao trabalhar com software, o centro de área pode ser obtido por meio de um somatório, dado um número de partições da superfície significativo, sob um domínio finito, de modo que:

$$D(B) = \frac{\sum_{i=0}^n u_i B(u_i)}{\sum_{i=0}^n B(u_i)} \quad (2.6)$$

Além disso, pode ser favorável utilizar do cálculo de integral, em um caso contínuo com um universo não enumerável, como segue:

$$D(B) = \frac{\int_{\mathbb{R}} uB(u)du}{\int_{\mathbb{R}} B(u)du} \quad (2.7)$$

3 Método Alternativo para Avaliar o Risco de Doenças Cardiovasculares

Após elencados aspectos sobre a Teoria dos Conjuntos Fuzzy, verifica-se “uma grande diferença da teoria clássica de conjuntos, na qual um elemento, exclusivamente, ou pertence a um conjunto ou ao seu complementar” (BARROS; BASSANEZI, 2010, p. 24). Desse modo, pode-se considerar uma ruptura, pois deixa-se de trabalhar somente com os dados exatos, cujas fronteiras geralmente são previsíveis, para dispensar a atenção necessária à subjetividade, e à fronteira incerta que a acompanha.

Com isso, verificou-se a possibilidade de representar diversas anomalias e características do organismo através de conjuntos fuzzy, as quais são variáveis fundamentais ao analisar a propensão do indivíduo às doenças cardiovasculares. A partir disso, foi possível formular um método que permite quantificar o risco, o que é propiciado ao contrapor as conclusões obtidas a partir da literatura com a opinião do especialista. Além disso, os últimos resultados construídos - relacionados ao risco de desenvolver doenças cardiovasculares -, foram comparados com resultados obtidos com o uso das ferramentas elaboradas pelo *Framingham Heart Study*.

3.1 Origem dos Dados

Os dados utilizados advêm da disposição de relatórios médicos, os quais subsidiaram a escolha das variáveis de entrada do SBRF, uma vez que foram redigidos a partir de exames dos pacientes da clínica Check-up Médico de Campinas, localizada em Campinas/SP, sob responsabilidade do Doutor Augusto Rocha. As informações se referem a pacientes que frequentaram a clínica desde o ano de 2002 até 2014, salvo exceções que foram desconsiderados para análise em função da ausência de determinados exames. As informações contidas nos relatórios - tratadas com o sigilo necessário -, foram interpretadas, para assim transformar em dados e esses, por sua vez, foram dispostos em uma planilha, o que tornou possível construir gráficos, de modo a visualizar os comportamentos das anomalias e relacioná-las entre si, tarefa facilitada pelo *software Microsoft Excel*.

Anterior à modelagem fuzzy foi utilizada a análise de correlação linear para seleção das variáveis, sendo analisados 250 relatórios masculinos, além de que realizou-se o estudo acerca das formas de diagnósticos médicos, os quais possibilitaram orientar as variáveis de influência das doenças cardiovasculares.

3.2 Seleção das Variáveis de Entrada, Elaboração da Variável de Saída e Descrição dos Subconjuntos Fuzzy

O conjunto a ser trabalhado, considerado universo, se refere ao conjunto fuzzy das anomalias dos pacientes, e a saída possibilita indicar um diagnóstico a partir das entradas utilizadas. Observa-se que essas entradas se referem aos dados médicos dos relatórios, correspondentes a casos reais.

O estudo e seleção de variáveis fundamentou-se na revisão bibliográfica acerca do assunto, conforme citada no capítulo 1, e de importantes resultados, além de que fez-se necessário estudar a correlação linear entre as variáveis que em geral são mais utilizadas para estimar o grau de risco de doenças cardiovasculares. Por meio da disposição dos dados dos relatórios no *Excel*, foi possível construir gráficos e observar a correlação - ou não -, entre as variáveis, conforme o Apêndice B.

Dos gráficos obtidos, observou-se que há poucas variáveis consideravelmente correlacionadas. Ao comparar com as variáveis disponíveis na planilha que é divulgada atualmente pelo estudo de Framingham, pode-se observar uma correlação desprezível entre as variáveis que por ele foram utilizadas, o que possibilitou validar essas variáveis como independentes, a fim de utilizá-las como variáveis de entrada na base de regras.

Nesse sentido, o conjunto das variáveis selecionadas refere-se a: *idade, pressão arterial sistólica, tabagismo, diabetes e índice de massa corporal*, semelhante ao que é utilizado pelo Estudo de Framingham ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2008](#); [FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)), de forma que a variável de saída é o percentual de *risco* de desenvolver doenças cardiovasculares em dez anos.

Salienta-se que as entradas foram distribuídas considerando as pontuações para homens, uma vez que o SBRF foi validado apenas para o gênero masculino. A justificativa para as funções de pertinência dos conjuntos estabelecidos se deve às classificações divulgadas pelo estudo de Framingham ([FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001](#)), intervalos aceitáveis para classificar o IMC e a opinião médica. Mais especificamente, os intervalos do tipo “baixo, médio baixo, médio, médio alto e alto” foram determinados a partir de tabelas existentes, ou seja, foram utilizados os índices divulgados na comunidade científica referentes às quantidades consideradas insuficientes, adequadas e em demasia de cada anomalia, para ponderar afirmações sustentáveis acerca de cada patologia do organismo dos pacientes. Tabelas sobre idade, IMC e pressão arterial sistólica foram utilizadas. Portanto, as fronteiras dos conjuntos foram estabelecidas de acordo com as tabelas determinísticas e a opinião do especialista na área, fato esse que justifica inclusive a atribuição de um valor de pertinência, ambos baseados também na intuição. Nesse contexto, sabe-se que “quanto mais dúvida se tem da pertinência de um elemento a um conjunto, mais próximo de 0,5 é seu grau de pertinência a este conjunto” ([BARROS; BASSANEZI, 2010](#), p. 24).

Referente a isso, destaca-se que foram atribuídas cinco classificações para o risco obtido na saída do sistema (baixo, médio baixo, médio, médio alto e alto), apenas três variações no estudo da variável linguística pressão arterial sistólica (baixa, média e alta), quatro classificações para idade (baixa, média, média alta e alta) e duas para o hábito de fumar (pouco e muito).

Os conjuntos podem ser visualizados nas figuras a seguir. Ressalta-se que a diabetes envolve apenas duas classificações, de modo que basta inserir 0 ou 1, por isso não foram representadas. Destaca-se que o IMC envolveu seis classificações (subnutrido, ideal, levemente acima, primeiro grau de obesidade, segundo grau de obesidade e obesidade mórbida), de acordo com a interpretação habitual, acrescida da subjetividade, conforme citada na tabela 13 e visualizada na Figura 13.

No primeiro gráfico (Figura 11), observa-se que a entrada para idades inferiores a 30 anos é permitida. Contudo, os valores para o qual a base de regras realmente possui significado são de 30 a 80 anos. Novamente, nota-se relação com os testes 1 e 2 de Framingham, uma vez que nas suas descrições foi alertado que se dirigem à população de interesse cuja idade é 30-74 anos, e também ao Teste 3, que se refere à idade de 30-79 anos.

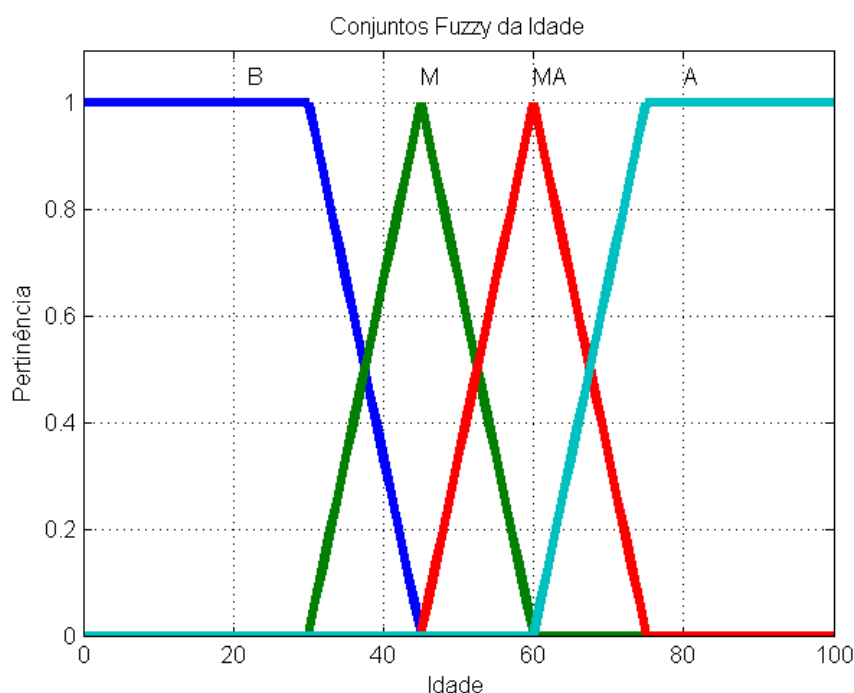


Figura 11 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: Idade.

O gráfico da Figura 12 representa a pressão arterial sistólica, sendo determinada pelo intervalo $[70, 180]$, pois acima disso se indica ao paciente a ingestão de medicamento a fim de tratar a pressão alta, o que compromete o risco estimado, que pode ser superior ao apresentado pelo SBRF.

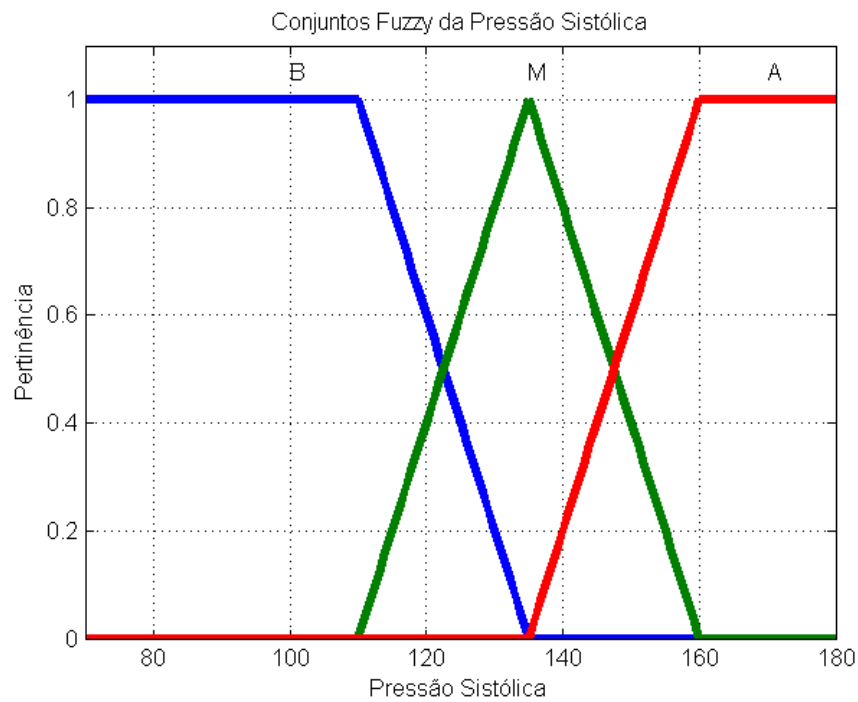


Figura 12 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: Pressão arterial sistólica.

Referente ao IMC (Figura 13), assume valores significativos a partir de 18 kg/m^2 , sendo que os valores assumidos por essa variável linguística têm a subjetividade representada nas fronteiras, as quais foram fundamentadas nos limitantes dos intervalos clássicos descritos na tabela 13.

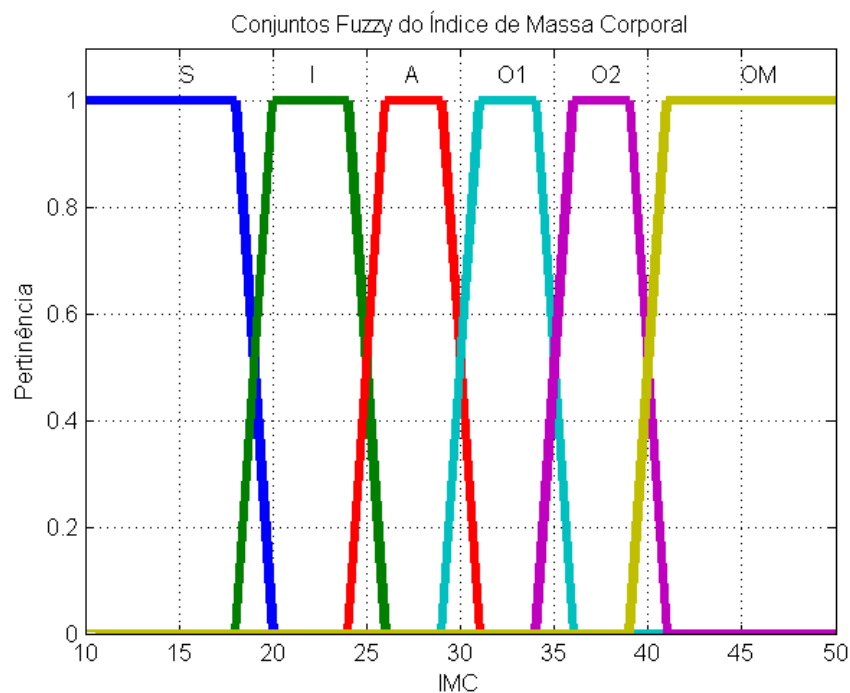


Figura 13 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: IMC.

Para o tabagismo (Figura 14), utilizou-se uma variável de entrada no SBRF,

determinada por uma escala que quantifica o hábito de fumar, de forma a atribuir um grau de tabagismo para o paciente. Contudo, o valor de entrada que essa variável linguística assume teve origem na saída obtida por uma base de regras secundária, desenvolvida a seguir.

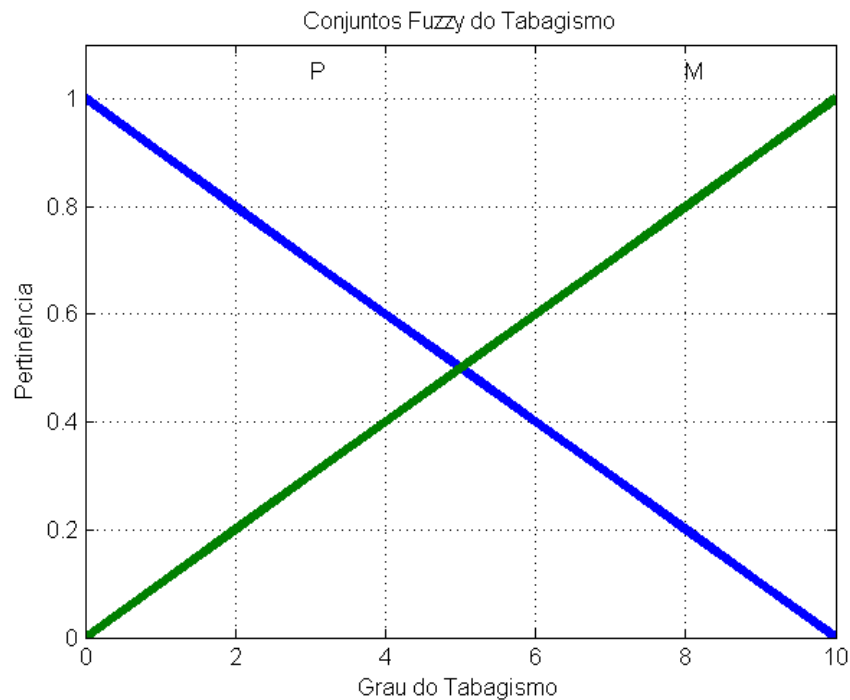


Figura 14 – Distribuição fuzzy da variável de entrada: Grau do tabagismo.

Referente a distribuição fuzzy da variável de saída (Figura 15), observa-se que o conjunto para risco alto tem valores de pertinência maiores que zero no intervalo $[0, 40]$, logo tem representação para o risco superior a 30. De fato, essa representação é justificada pois possibilita deslocar o centro de área quando realizada a defuzzificação. Contudo, assim como os estudos de Framingham, em que pelos testes 1 e 2 o risco máximo é apontado como “> 30”, e no Teste 3 como “ ≥ 30 ” também pelo SBRF é limitado. Entretanto, a limitação foi considerada de valor 40%, afinal pelos dados elencados no capítulo, conclui-se que o risco dos brasileiros em geral é próximo a 30%, o que é influenciado por sua saúde e hábitos. Dessa forma, um indivíduo que possui um panorama distante do ideal pode vir a apresentar um risco superior às estimativas para o Brasil. De fato, se o máximo considerado fosse 30, dificilmente haveria casos que atingiriam esse valor, o que não seria coerente com os preditores de Framingham e nem mesmo com os percentuais nacional e internacional.

Analogamente, nota-se que não foi possibilitado obter o risco zero, em função de que o conjunto “Risco baixo” tem por representação um triângulo retângulo, e com isso o centro de área é deslocado.

Portanto, por mais que a saída resulte de uma ativação apenas no conjunto

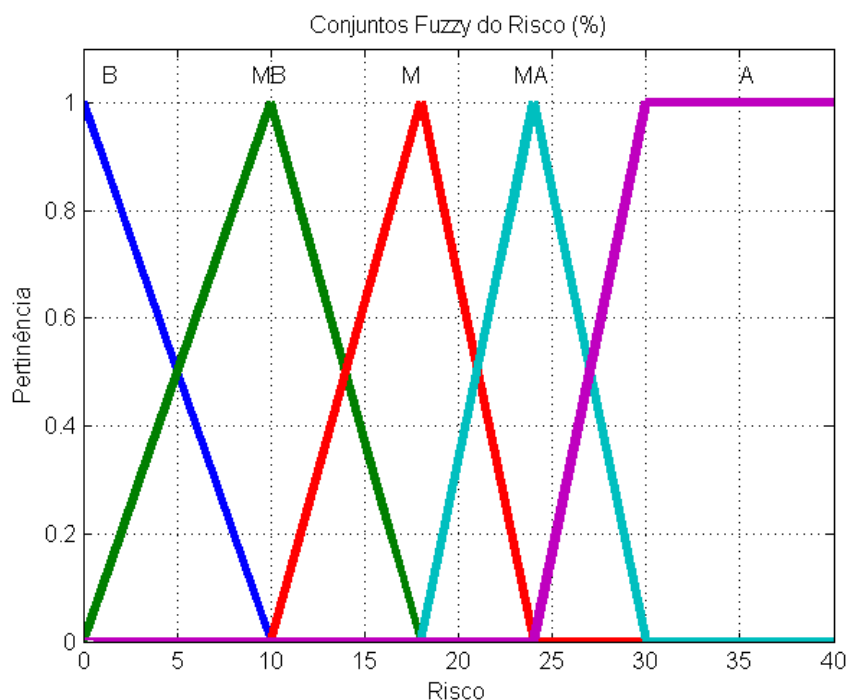


Figura 15 – Distribuição fuzzy da variável de saída: Risco de doença cardiovascular em dez anos.

Risco baixo - que em união com os outros quatro conjuntos de risco nulos resulta ele próprio -, ainda assim seu centro de área sofre um pequeno desvio do risco 0%, qualquer que tenha sido o alfa-nível, $0 < \alpha \leq 1$.

Referente ao hábito de fumar, destaca-se que foi elaborada uma base de regras secundária, que envolve as entradas frequência e tempo, as quais foram relacionadas por regras de acordo com os conjuntos de entrada, para atribuir como saída um número que quantifica o tabagismo.

Observa-se que para a frequência houve três classificações: pouco, frequente e muito (Figura 16), pois se refere a quantidade de cigarros fumados diariamente, em média. Todavia, para o tempo, em que considerou-se a duração do hábito de fumar, também houve três classificações, porém denominadas pequeno, médio e grande (Figura 17).

As ativações de regra calculadas nos conjuntos de entrada têm correspondência a uma saída com cinco classificações: escala 1, escala 2, escala 3, escala 4 e escala 5 (Figura 18).

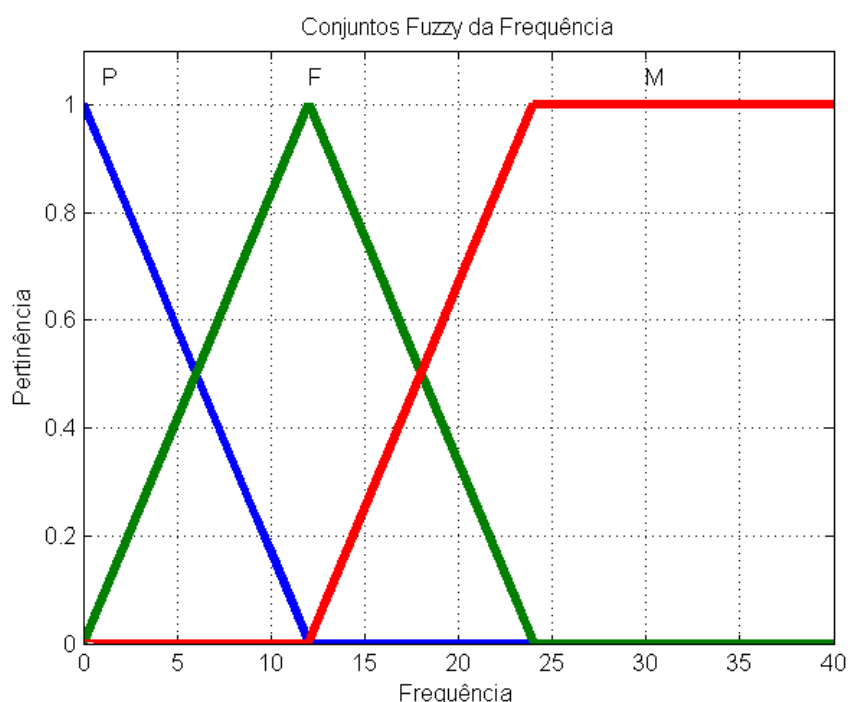


Figura 16 – Distribuição fuzzy da variável de entrada da base secundária: Frequência.

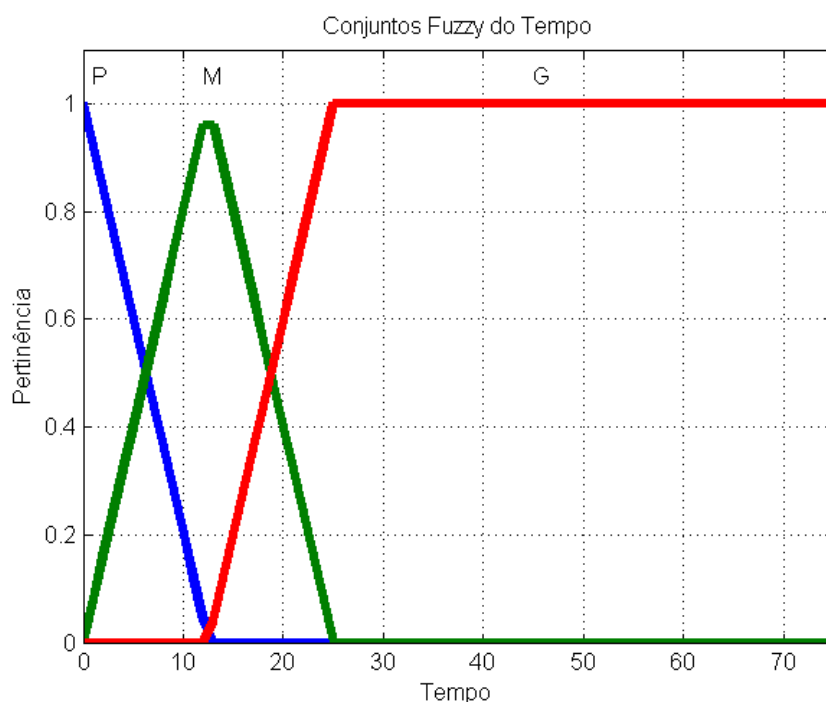


Figura 17 – Distribuição fuzzy da variável de entrada da base secundária: Tempo.

Contudo, pelos dados dos relatórios médicos tornou-se possível apenas conhecer se o indivíduo era fumante ou não, e não a quantidade de cigarros consumidos em média diariamente e o tempo desde o qual conserva o hábito, de modo que no SBRF foi utilizado apenas as entradas 0 em frequência e 0 em tempo para quem não fumava ou então 24 cigarros em frequência e 25 anos em tempo para quem fumava, o que é inserido na

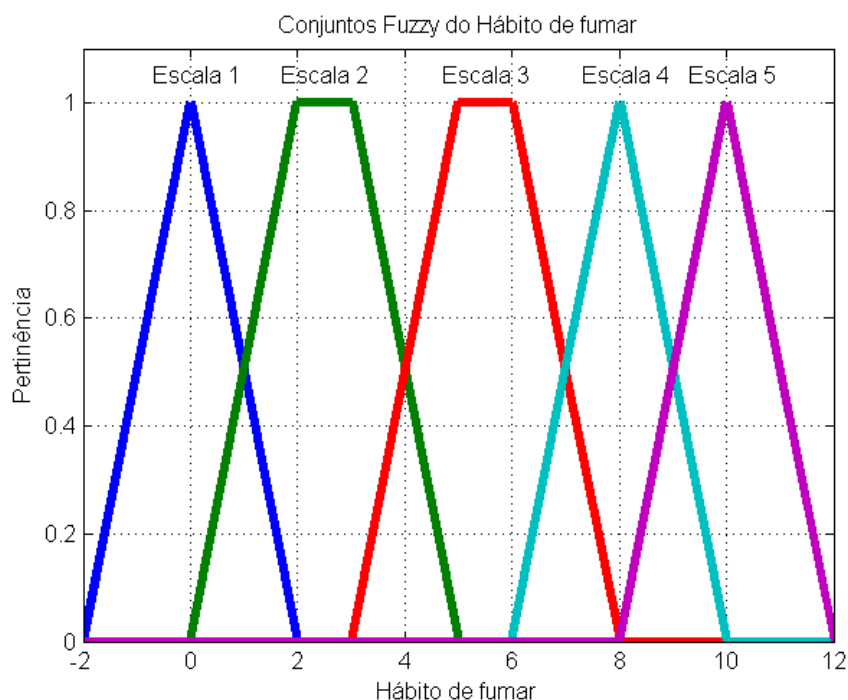


Figura 18 – Distribuição fuzzy da variável de saída da base secundária: Efeito do cigarro.

base de regras secundária. Esta base teve por saídas os conjuntos escala 1 e escala 5, respectivamente, os quais defuzzificados resultam os números 0 e 10. Após o processo, acrescenta-se o valor obtido na base secundária para compôr os outros cinco valores de entrada do SBRF.

De fato, para realmente utilizar o conjunto tabagismo com classificações intermediárias, faz-se necessário relatórios médicos com informações mais detalhadas sobre o hábito dos pacientes.

Além disso, incluir o tempo em que o paciente parou de fumar na base de regras pode ser adequado, afinal há pacientes que mantiveram o hábito durante muitos anos e pararam há um tempo significativo. Os indivíduos que deixam de fumar reduzem em 50% o excesso de risco de evento coronariano, se considerado o primeiro e o segundo ano depois que pararam ([LIBBY et al., 2010](#)), tendo um declínio gradual, de forma que se aproxima ao risco dos não fumantes após 3 a 5 anos de desuso.

Apesar dos apontamentos, para essa abordagem seria necessário dispor de uma base de dados adequada, a fim de analisar e possivelmente validar o preditor determinado pela base de regras secundária.

Entretanto, há estudos que afirmam bastar o hábito de fumar um cigarro para o indivíduo ter um risco de desenvolver DCV similar a outro que fuma diversos cigarros por dia ([BBC BRASIL, 2006](#)). A partir de 15 anos de hábito frequente, não há diferença no percentual de risco de DCV entre indivíduos que fumam pouco ou muito ([BBC BRASIL, 2006](#)). Com efeito, o consumo diferencia o risco quando se refere a hábitos com duração

inferior a 15 anos (BBC BRASIL, 2006).

Contudo, há determinadas anomalias, como a doença coronariana, em que “o risco aumenta diretamente com o número de cigarros consumido” (LIBBY et al., 2010, p. 1004). Ainda, o consumo de cigarro se relaciona com infarto do miocárdio, taxas mais altas de morte súbita e AVC isquêmico (LIBBY et al., 2010). Além disso, pode-se acrescentar que o tabagismo acelera a progressão da aterosclerose e a longo prazo pode causar aumento da oxidação do colesterol LDL assim como prejudicar a vasodilatação endotélio dependente da artéria coronária (LIBBY et al., 2010).

Ademais, há propostas encontradas na literatura mesmo no estudo de Framingham que utilizam o colesterol total e o colesterol HDL ao invés do IMC, além de questionar sobre o tratamento da hipertensão. Contudo, sabe-se que no momento em que o paciente apresenta alguma dessas variáveis anormais, o especialista recomenda o uso de medicamentos a fim de controlá-las. De fato, apresentar anormalidades é comum apenas na consulta em que são identificadas, sendo que após isso é ingerido o remédio que controla, fato esse que motivou desconsiderar essas variáveis na base de regras. Outra conclusão pertinente é que o IMC é altamente correlacionado com a cintura e também o quadril, logo a relação entre esses valores e qual utilizar é passível de estudos futuros.

Pelos relatórios médicos não se observou correlação linear entre colesterol HDL, colesterol total e IMC, o que de fato torna questionável a utilização, uma vez que indica a independência estatística entre as variáveis. Contudo, ao conversar com o médico especialista na área, concluiu-se que o IMC ou dados mensuráveis como cintura e quadril são bons índices antropométricos, os quais podem ser explorados.

Destaca-se que o estudo foi desenvolvido baseado em correlações encontradas em dados fornecidos pelos relatórios médicos, o que implica que os dados foram de pacientes com acompanhamento médico, sendo alguns destes medicados para controle de algumas variáveis, o que de certa forma limita o estudo, mas não deixa de validá-lo.

3.3 Base de Regras Fuzzy e Inferência

Após a seleção das variáveis linguísticas e construção dos subconjuntos (fuzzificação), foi possível construir o sistema de base de regras fuzzy (SBRF). Foram selecionadas cinco variáveis linguísticas de entrada, ambas distribuídas em classificações - conforme observado nos gráficos dos subconjuntos. Ao todo, foram 288 regras para homens (descritas no Apêndice A , da forma:

R_{33} : *Se idade é baixa e pressão sistólica é média e tabagismo é pouco e diabetes é sim e IMC é levemente acima do peso, então risco é médio baixo.*

3.3.1 Exemplo 1

Ao considerar um caso encontrado em um dos relatórios, sendo um paciente de sexo masculino, cuja idade é 70 anos, pressão sistólica de 110 mmHg , nunca fumou, não possui diabetes e o IMC é de $26,05\text{ kg/m}^2$, então foram verificadas ativações nas seguintes regras:

R_{147} : Se a idade é **média alta** e a pressão sistólica é **baixa** e o tabagismo é **pouco** e a diabetes é **não** e o IMC é **levemente acima do peso**, então o risco é **médio baixo**.

R_{219} : Se a idade é **alta** e a pressão sistólica é **baixa** e o tabagismo é **pouco** e a diabetes é **não** e o IMC é **levemente acima do peso**, então o risco é **médio**.

Com isso, foram utilizadas as regras R_{147} e R_{219} , sendo que a idade é o valor que tem pertinência em dois conjuntos, o conjunto da idade média alta e da idade alta, representados no esquema da Figura 19. As ativações aconteceram conforme o esquema na Figura 20.

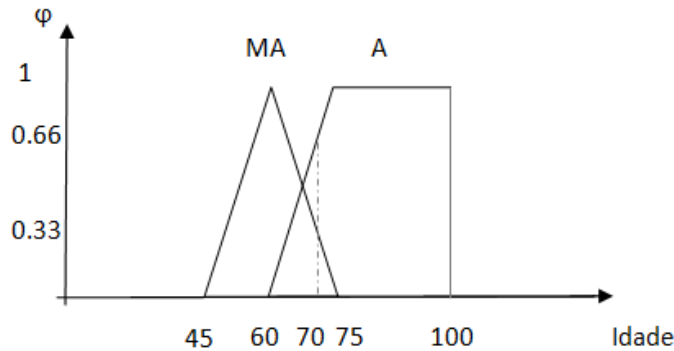


Figura 19 – Pertinência da idade nos dois conjuntos.

Na Figura 20, os valores referenciais $0,3$ e $0,6$ foram obtidos ao calcular a pertinência do valor da idade. O cálculo é possível ao traçar uma reta que passa pelos dois pontos, de modo que para o conjunto da idade MA, com os pontos 60 e 75 se produz a reta

$$y = \frac{75 - x}{15} \Rightarrow y = \frac{75 - 70}{15} = 0,3.$$

Para o conjunto da idade A, de 60 a 75 tem-se

$$y = \frac{x - 60}{15} \Rightarrow y = \frac{10}{15} = 0,6.$$

Com isso, basta ao final defuzzificar a superfície obtida pela união dos conjuntos B_i obtidos, observando que os demais conjuntos B_i que não aparecem são nulos, pois os dados de entrada não os ativam, o que não influencia na saída, uma vez que é utilizado a união. A fim de obter o valor final do risco para esse indivíduo, utilizam-se os valores na

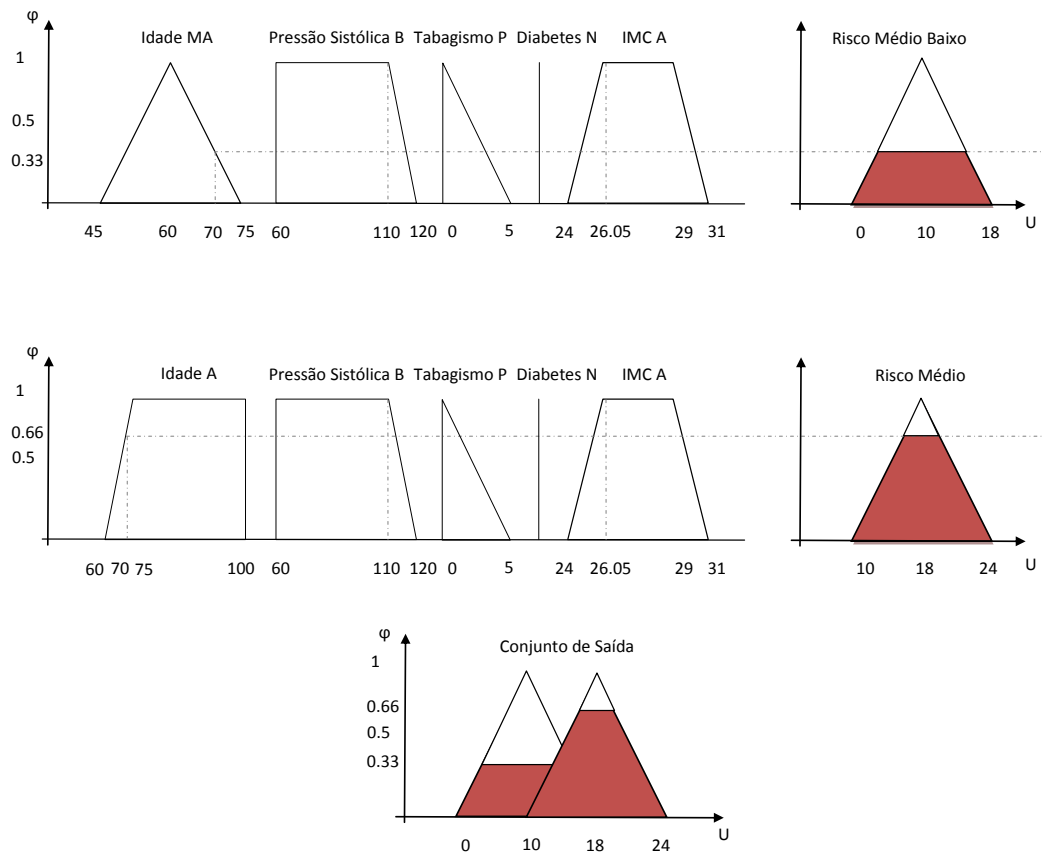


Figura 20 – Ativações em regras fuzzy.

base de regras, o que resultou no centro de área da região que representa o conjunto final após efetuar a união dos conjuntos de saída, de valor 13,6%.

No caso apresentado foram ativadas apenas duas regras. Contudo, o método do SBRF é capaz de operar com ativações em diversas regras.

3.3.2 Exemplo 2

Considera-se o seguinte exemplo fictício: Seja um homem cuja idade é 40 anos, que apresenta pressão sistólica de 120 mmHg , fumou em média 10 cigarros ao dia ao longo de 13 anos, não possui diabetes e apresenta IMC de valor 25 kg/m^2 , então se verificam ativações em 16 regras: 2, 3, 14, 15, 26, 27, 38, 39, 74, 75, 86, 87, 98, 99, 110 e 111 (ver Apêndice A), obtendo como saída o risco de valor 7,94%, com grau de pertinência 0,206 relativo ao risco baixo e 0,794 ao médio baixo. Convém ressaltar que pelo Teste 2 esse indivíduo apresenta risco de 8,6%, semelhante ao obtido no SBRF.

3.4 Análise dos Resultados

A fim de validar os resultados sobre as DCV, foram considerados conceitos e métodos estatísticos. Inicialmente, sabe-se que a população se refere ao conjunto formado pelos indivíduos que possuem algumas características em comum, nesse caso a população masculina de idade superior a 30 anos, advinda dos relatórios médicos fornecidos. Essa população caracteriza uma amostra sem reposição (MORETTIN, 2010).

O tamanho amostral foi calculado a partir de uma escolha aleatória simples, denominada amostragem casual simples, acompanhada dos estimadores de proporção (DÁVILA, 200-). Dessa forma, foi calculada a amostragem necessária, de acordo com a confiança desejada e utilizando a equação 3.1 para estimativa de proporção da amostra,

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}, \quad (3.1)$$

onde,

- n : tamanho da amostra;
- N : tamanho do universo considerado. Nesse caso 250 indivíduos;
- Z : desvio do valor médio aceito de acordo com o nível de confiança requerido, determinado pela forma da distribuição de Gauss, em que dada uma confiança de 90% desejada, $Z = 1,645$;
- e : margem de erro máximo que se admite, sendo nesse caso 10%;
- p : proporção esperada. Convém destacar que quando não há ideia acerca de p , assume-se o pior caso possível, em que $p = 50\%$, pois se trata da instância em que gera o maior tamanho amostral.

As variáveis apresentadas se relacionam por meio do cálculo 3.2,

$$n = \frac{250 \cdot 1,645^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5)}{(250 - 1) \cdot 0,1^2 + 1,645^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5)} = \frac{169,1266}{3,1665} = 53,4111 \approx 54 \quad (3.2)$$

Portanto, o tamanho da amostra a ser considerado é $n = 54$. De fato, os 54 indivíduos sorteados foram descritos na tabela 17.

Os respectivos riscos perante os preditores foram expostos na tabela 18. Com efeito, destaca-se que os testes 1, 2 e 3 bem como o método do SBRF foram quantificados em percentual, enquanto que o denominado Teste 3 (+) se refere ao total de pontos acumulados no Teste 3. Além disso, pode-se ressaltar que o vetor “Média” se refere a média aritmética entre os testes 1, 2 e 3 de Framingham.

Tabela 17 – Características dos pacientes aleatórios, onde CT: colesterol total, HDL: colesterol HDL, PS: pressão sistólica, D: diabetes, T: tabagismo e 1: Sim.

Paciente	Idade	CT	HDL	PS	IMC	D	T
1	75	168	32	120	25,09	0	0
2	60	178	46	130	27,89	1	0
3	64	136	34	122	22,01	0	0
4	53	201	76	120	25,47	0	0
5	58	219	57	120	27,04	0	0
6	46	177	54	120	26,47	0	0
7	56	185	39	152	23,01	0	0
8	56	183	48	140	25,06	0	0
9	59	207	34	130	27,69	0	0
10	51	233	43	120	23,81	0	0
11	51	170	43	130	28,96	0	1
12	49	193	53	142	24,47	0	0
13	51	185	42	104	24,98	0	0
14	57	233	31	124	30,87	1	0
15	74	180	77	126	28,38	0	0
16	52	237	42	130	32,47	0	1
17	43	181	26	130	30,95	0	0
18	40	178	50	120	34,1	0	0
19	53	194	39	154	30,94	1	0
20	55	200	52	146	25,27	0	0
21	54	269	42	130	30,05	0	0
22	53	215	57	142	30,81	0	0
23	59	189	69	134	24,12	0	0
24	31	154	48	130	29,39	0	1
25	41	243	27	118	24,51	0	0
26	52	220	50	132	27,58	0	1
27	54	195	43	130	25,21	0	0
28	47	184	47	108	26,92	0	0
29	53	194	51	134	28,96	0	0
30	46	219	39	130	29,48	0	0
31	47	146	38	120	30,83	0	0
32	50	164	42	140	35,31	0	0
33	70	251	61	146	26,68	0	0
34	52	225	36	130	29,97	0	0

Continuação							
Paciente	Idade	CT	HDL	PS	IMC	D	T
35	44	196	40	120	29,5	0	0
36	42	154	41	150	26,42	0	0
37	52	285	50	116	25,57	0	0
38	60	216	67	126	26,94	0	0
39	67	150	37	124	24,84	0	0
40	48	191	40	120	24,46	0	0
41	70	100	46	138	27,55	0	0
42	59	149	50	136	31,34	0	0
43	40	180	42	116	26,04	0	0
44	52	140	34	140	40,22	0	0
45	59	174	54	130	26,19	0	0
46	55	158	44	136	26,26	0	0
47	43	209	38	130	28,18	0	0
48	51	198	29	124	39,44	0	0
49	57	208	48	130	26,94	0	0
50	64	153	54	130	29,01	0	0
51	60	132	53	136	26,26	0	0
52	58	207	46	114	23,6	0	0
53	47	191	62	120	22,86	0	0
54	54	163	50	120	26,45	0	0

Para visualizar 17 e 18 em apenas uma tabela ver Apêndice C. Nesse contexto, ressalta-se que todos os indivíduos apresentam dados coerentes com as ferramentas, exceto pelo indivíduo 1, pois ele apresenta idade de 75 anos e os testes 1 e 2 têm público-alvo de adultos entre 30 e 74 anos. Contudo, evidencia-se que o risco foi calculado e que resulta riscos ligeiramente superiores que os fornecidos para a idade de 74 anos.

Assim, foram utilizados mais de 20% dos relatórios de pacientes, a fim de comparar o percentual de risco obtido na defuzzificação da base de regras e o percentual que é obtido através dos escores fornecidos pelas diferentes ferramentas do estudo de Framingham, bem como a média entre elas.

Tabela 18 – Riscos obtidos em diferentes diagnósticos para os pacientes aleatórios.

Paciente	Teste 1	Teste 2	SBRF	Teste 3 (+)	Teste 3	Média
1	27,7	26,9	17,24	15	20	24,87
2	22,7	28,6	17,31	13	12	21,10
3	14,2	16,3	11,09	12	10	13,50
4	5,9	10,2	8,11	8	4	6,70
5	10,9	13,9	9,12	11	8	10,93
6	4,6	6,9	7,35	6	2	4,50
7	17,6	16,7	8,87	13	12	15,43
8	12,6	15,5	10,42	12	10	12,70
9	19,5	17	9,27	14	16	17,50
10	10,3	8,7	7,35	10	6	8,33
11	15,8	22,1	11,87	13	12	16,63
12	8,5	10,6	8,82	7	3	7,37
13	6,3	7	7,66	9	5	6,10
14	30	24,8	14,32	13	12	22,27
15	15	30	16,1	11	8	17,67
16	23,7	25,2	12,26	14	16	21,63
17	8,7	7,3	9,19	6	2	6,00
18	3,3	5,5	8,63	3	1	3,27
19	27	28,8	13,89	11	8	21,27
20	13,2	15,9	11,45	12	10	13,03
21	16,7	14	12,34	12	10	13,57
22	11,2	15,7	12,68	10	6	10,97
23	10,2	16,2	9,29	10	6	10,80
24	3	5,2	9,07	1	1	3,07
25	8,4	4,5	6,41	8	4	5,63
26	19,6	23,1	12,26	13	12	18,23
27	11,7	12,3	8,43	10	6	10,00
28	4,8	6,2	5,05	7	3	4,67
29	10	13,6	9,21	9	5	9,53
30	9	8,6	9,58	11	8	8,53
31	5,5	8,3	10,29	5	2	5,27
32	9,1	14,4	11,49	10	6	9,83
33	28,1	30	13,33	13	12	23,37
34	14,2	12,5	12,03	12	10	12,23

Continuação						
Paciente	Teste 1	Teste 2	SBRF	Teste 3 (+)	Teste 3	Média
35	5,9	6,6	7,35	4	1	4,50
36	5,9	7,8	8,99	2	1	4,90
37	11,1	9,1	7,76	11	8	9,40
38	11,3	16,6	9,27	10	6	11,30
39	17,1	20,8	12,26	13	12	16,63
40	7,5	7,4	6,45	7	3	5,97
41	12,8	29,8	13,6	14	16	19,53
42	10,8	20	16,29	9	5	11,93
43	3,6	4,2	6,34	4	1	2,93
44	10,4	17,7	15,91	9	5	11,03
45	10,9	16,3	9,27	11	8	11,73
46	10,5	14,5	9,61	10	6	10,33
47	7,2	6,8	9,07	8	4	6,00
48	13	13,4	13,64	10	6	10,80
49	13,3	15,1	9,07	13	12	13,47
50	12,1	22,1	11,09	11	8	14,07
51	9,5	18,5	9,63	11	8	12,00
52	11,3	11,5	9,2	12	10	10,93
53	4,7	6,6	5,57	5	2	4,43
54	7,3	11,1	8,42	8	4	7,47

Dessa forma, verificou-se uma significativa correlação linear ($R^2 = 0,661$, observável na Figura 21) entre os resultados obtidos no SBRF para com os obtidos no Teste 2 de Framingham que utiliza do IMC, e um pouco menos correlacionado com o Teste 1 que utiliza colesteróis ($R^2 = 0,467$, Figura 22). Entre os testes 1 e 2, observou-se correlação linear significativa com $R^2 = 0,69$ (Figura 23).

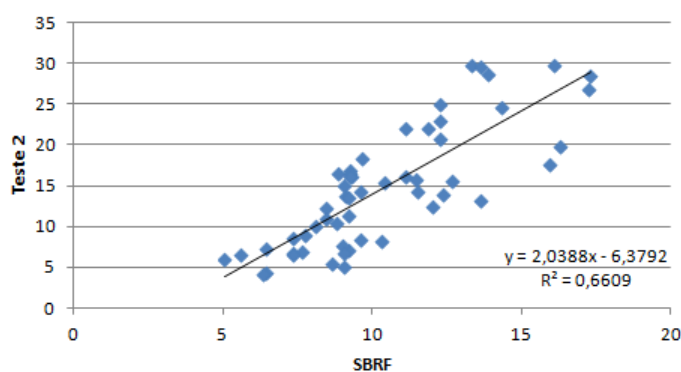


Figura 21 – Correlação linear entre o Teste 2 e o SBRF.

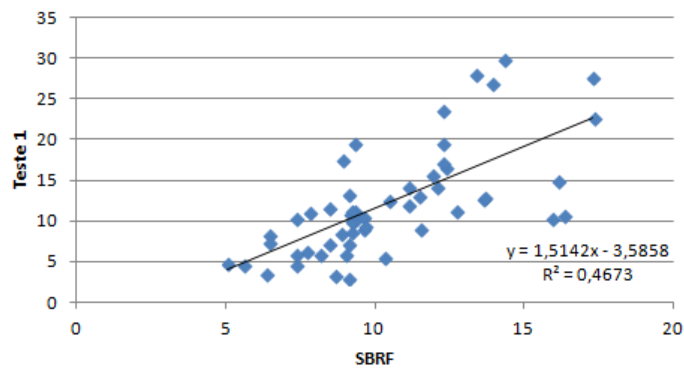


Figura 22 – Correlação linear entre o Teste 1 e o SBRF.

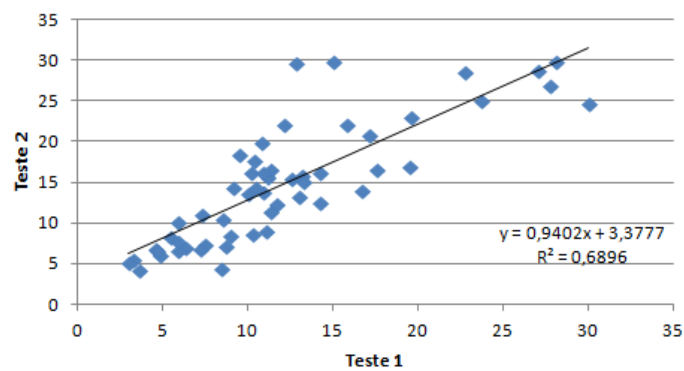


Figura 23 – Correlação linear entre os testes 1 e 2.

Por outro lado, não houve correlação linear significativa ($R^2 = 0,321$, Figura 24) entre o resultado obtido pelo SBRF e o Teste 3 - percentual obtido pelo somatório -, o que não tem relativa importância, uma vez que também entre os estudos de Framingham não foram todos os testes correlacionados, pois entre os testes 1 e 3, obteve-se $R^2 = 0,669$, e com os testes 2 e 3 foi de $R^2 = 0,576$ (Figura 25).

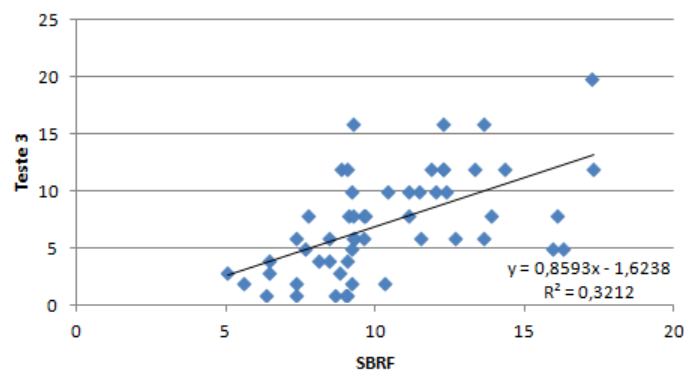


Figura 24 – Correlação linear entre o SBRF e o Teste 3.

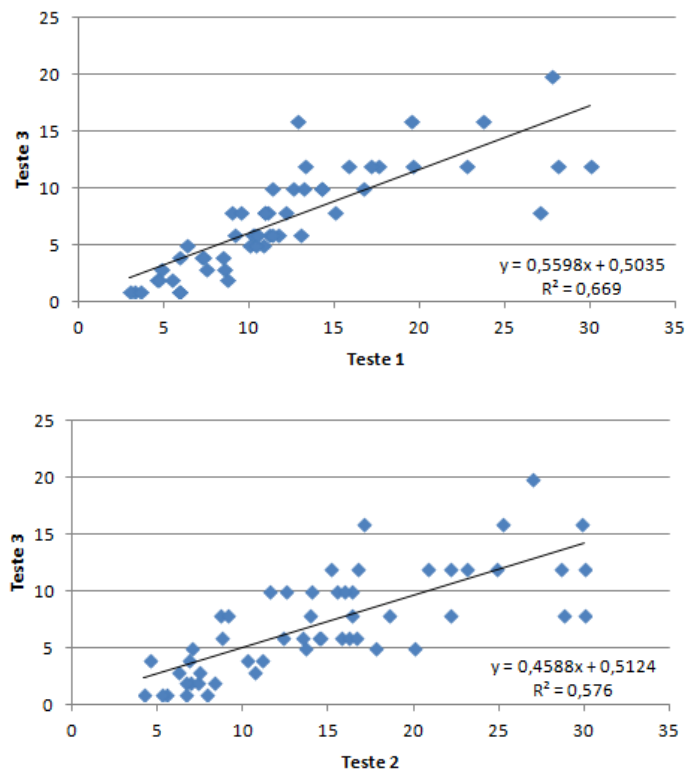


Figura 25 – Correlação linear entre diversos testes.

A fim de facilitar a observação das conjecturas desenvolvidas acerca das correlações, pode-se considerar a tabela 19.

Tabela 19 – Correlações entre os preditores.

	SBRF	Teste 1	Teste 2	Teste 3
SBRF		0,4673	0,6609	0,3212
Teste 1	0,4673		0,6896	0,669
Teste 2	0,6609	0,6896		0,576
Teste 3	0,3212	0,6609	0,576	

Nesse contexto, observa-se que o somatório de pontos de Framingham (Teste 3) (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2001) foi inferior em todos os casos, para ambos os cálculos - preditores com colesterol e com IMC (FRAMINGHAM HEART STUDY, 2008) -, sendo superado em apenas 9/54 dos casos pelo risco gerado no SBRF. Essa conclusão se refere a todos os indivíduos aleatórios, o que é representado no gráfico da Figura 26 e melhor visualizado na Figura 27.

Uma análise aprofundada pode ser elaborada ao observar o comportamento dos diferentes preditores, relacionados no gráfico, a fim de avaliar os pontos em que houve maior diferença entre os resultados do Teste 1 (colesteróis), Teste 2 (IMC), Teste 3 (escore

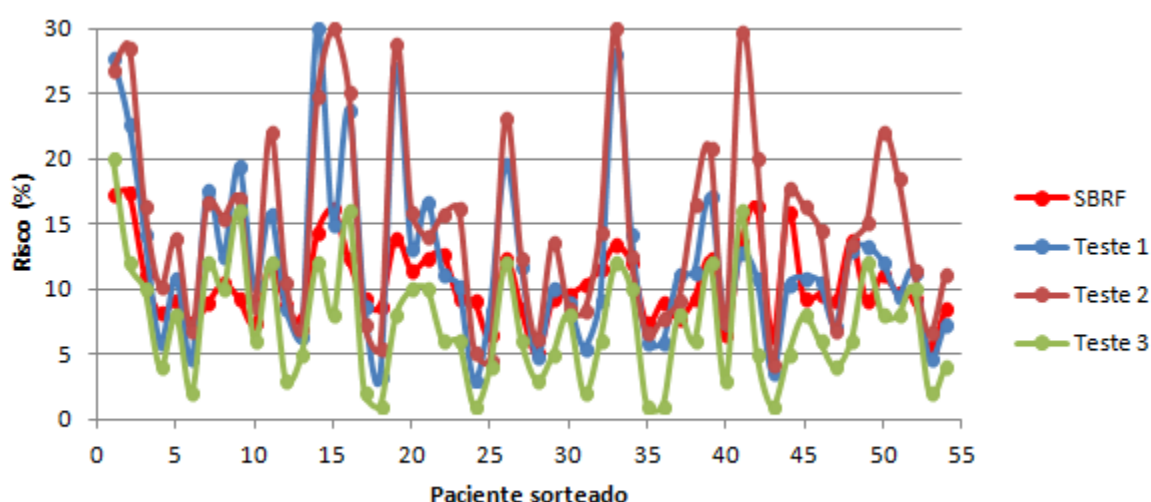


Figura 26 – Comparações entre os diferentes preditores de risco nos pacientes aleatórios.

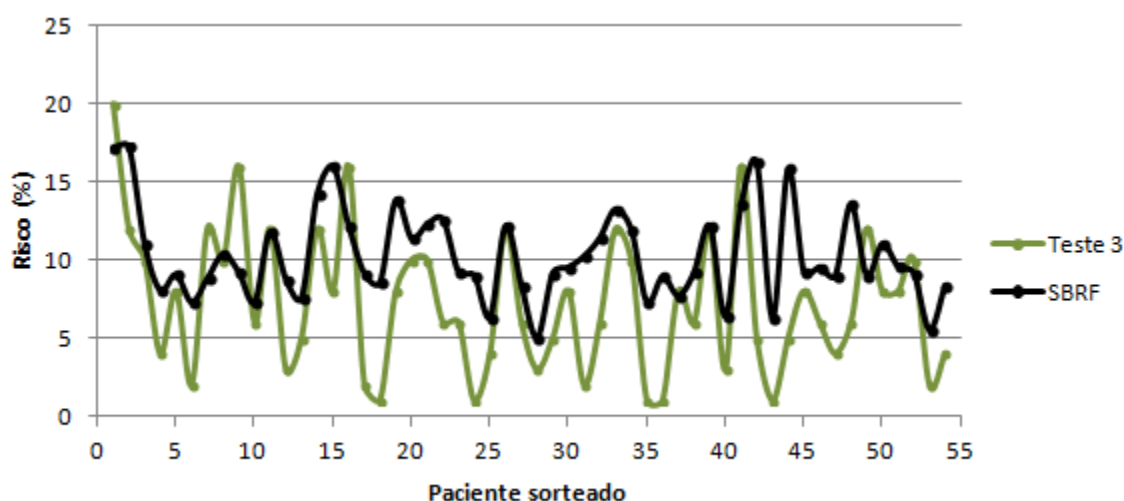


Figura 27 – Comparações entre o Teste 3 e o SBRF nos pacientes aleatórios.

da pontuação em percentual) e do valor obtido pela base de regras (SBRF), evidenciados nos indivíduos denominados 2, 14, 15, 19, 33 e 41.

No paciente 2, nota-se que o valor obtido pelo SBRF é intermediário, sendo maior que o valor do Teste 3 e menor que os valores dos testes 1 e 2, o que é aceitável, afinal o paciente possui diabetes, o que não é considerado no Teste 3, além de apresentar IMC elevado de $27,89 \text{ kg/m}^2$. Ademais, o valor do SBRF é próximo da média entre os demais preditores (21,1%), como pode ser observado no gráfico da Figura 28. Além disso, nota-se uma correlação linear significativa entre os preditores ($R^2 = 0,573$) (Figura 29).

Por outro lado, o paciente 14 possui um colesterol elevado, o que não é considerado no SBRF. Contudo, como o SBRF teve formulação a partir das tabelas descritas no capítulo 1, logo é coerente sua tendência a se aproximar do risco obtido no Teste 3, conforme observado. O risco é pouco superior ao obtido nesse teste uma vez que o paciente é diabético, o que está incluído no SBRF mas não no Teste 3. Com efeito, nota-se que o

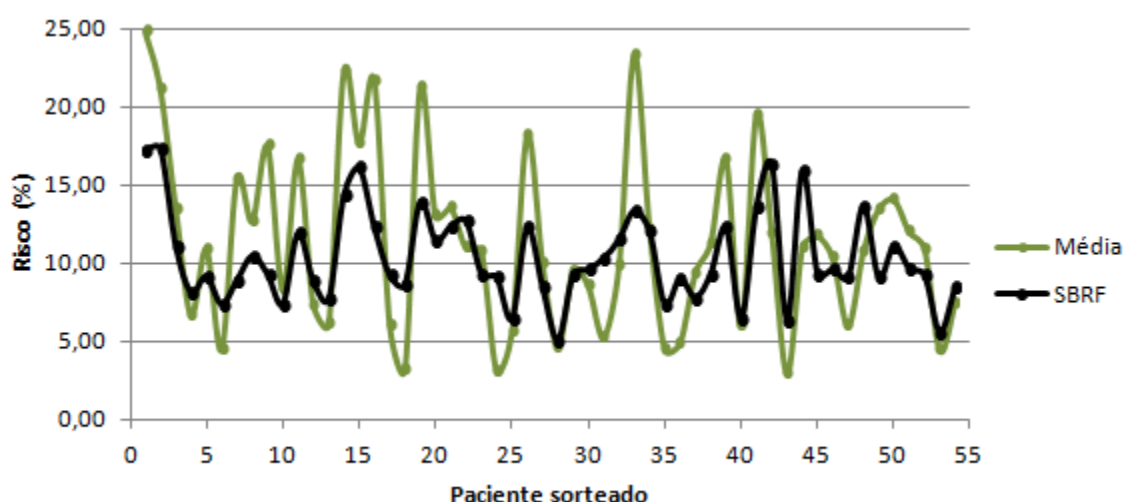


Figura 28 – Visualização da média entre os testes 1, 2 e 3 com o risco obtido pelo SBRF, nos pacientes da amostra.

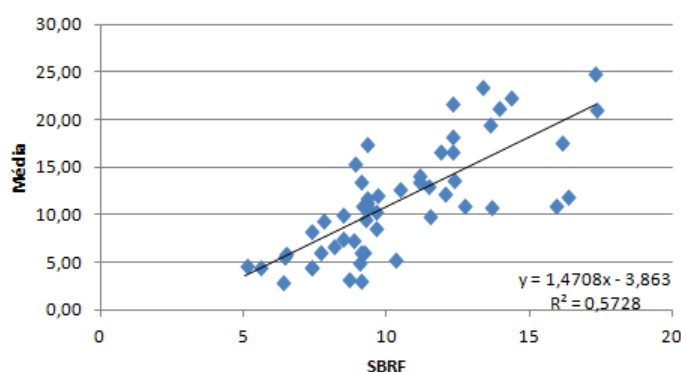


Figura 29 – Correlação entre a média dos testes 1, 2 e 3 com o risco obtido pelo SBRF nos pacientes aleatórios.

Teste 2 e o SBRF utilizam das mesmas variáveis, e os percentuais distam significativamente, o que se verificou em outros pacientes também, descritos na sequência. Entretanto, as variáveis do SBRF são semelhantes às do Teste 3 também, uma vez que difere apenas o IMC e os lipídios. Para essas duas ferramentas os valores de risco foram mais próximos.

No paciente 15, ressalta-se que a presença do HDL com valor 77 é fator de proteção, o que auxilia na diminuição da pontuação no Teste 3. Contudo, a idade de 74 anos já é considerada de risco, fazendo com que as demais calculadoras dos Testes 1 e 2, bem como SBRF apresentem valores superiores, ainda mais que o IMC do indivíduo, de valor $28,38 \text{ kg/m}^2$ caracteriza sobrepeso. Além disso, nota-se que a média entre os três testes de Framingham é de 17,67%, próxima ao valor do SBRF (16,01%).

Para o paciente 19, observou-se um colesterol desejável, mas novamente se refere a um indivíduo com diabetes, que interfere em todos os preditores. Além disso, registrou-se HDL baixo (39 mg/dL), que interfere nos preditores Teste 1 e Teste 3. Seria adequado se registrassem valores similares, o que não aconteceu. Ainda, verificou-se a

pressão sistólica alta de 154 mmHg e o IMC elevado $30,94 \text{ kg/m}^2$, o que aumenta o risco com relação ao Teste 2 e ao SBRF, sendo contudo mais representativo no Teste 2.

No paciente 33, o Teste 1 e o Teste 2 representaram um risco elevado, diferente do risco intermediário obtido pelo SBRF e o Teste 3. De fato, o paciente apresenta colesterol total de 251 mg/dL , que se trata de um valor elevado. Além disso o colesterol HDL de 61 mg/dL também é alto, e se refere a um fator de proteção para o Teste 3. Contudo, o IMC é de apenas $26,68 \text{ kg/m}^2$, o que não justifica o valor extremamente alto gerado pelo Teste 2, isso mostra que a idade alta (70 anos) e a pressão alta (146 mmHg) têm importante participação no risco fornecido.

Enfim, para o paciente 41, nota-se que o preditor que diferiu dos demais foi o Teste 2. Referente às características, destaca-se que o indivíduo possui colesterol baixo (100 mg/dL) bem como HDL (46 mg/dL) e IMC ($27,55 \text{ kg/m}^2$) adequados, sendo que apenas a pressão sistólica é média (136 mmHg). Dessa forma, novamente verifica-se um risco pelo Teste 2 que não foi possível de justificar.

Por fim, o fato que o modelo SBRF tenha sido construído de acordo com a opinião médica de um especialista, propicia o sucesso no diagnóstico obtido. Com isso, torna-se possível inferir sobre futuros diagnósticos, além de que “à medida que se tem diagnósticos de novos pacientes, estes podem ser incluídos na base de conhecimentos e [...] aumentar a capacidade de se obter mais diagnósticos [...] tal como acontece com um médico experiente” (BARROS; BASSANEZI, 2010, p. 181).

Uma observação pertinente se refere ao fato que a partir da amostra de 250 relatórios dos pacientes da clínica foi que se calculou a amostra de 54 indivíduos. Contudo, sabe-se que no Brasil a população masculina tem unidade em milhões, o que pela estimativa de proporção, dada a confiança de 90%, converge para um valor próximo a 68 indivíduos, logo um valor pouco superior ao que foi considerado anteriormente. Dessa forma, a amostra cujos pacientes estão localizados na região de São Paulo, poderia representar uma quantidade representativa com relação às características gerais no país. Contudo, ao generalizar um país de diversas culturas por uma região pode-se comprometer os resultados, e pesquisas futuras poderiam analisar pacientes de diversas regiões.

Com a finalidade de avaliar o perfil dos pacientes aleatórios que frequentaram a clínica, utilizou-se do cálculo da média ponderada. Para isso, considerou-se os dados obtidos pelo método do SBRF e as funções de pertinência do conjunto de saída do SBRF principal dadas por:

- Risco baixo: $0 \leq x \leq 10 \Rightarrow y = 1 - \frac{x}{10}$;
- Risco médio baixo: Se $0 \leq x \leq 10 \Rightarrow y = \frac{x}{10}$ e se $10 \leq x \leq 18 \Rightarrow y = \frac{18 - x}{8}$;

- Risco médio: $10 \leq x \leq 18 \Rightarrow y = \frac{x - 10}{8}$.

Destaca-se que não foram registrados valores acima de 18% para o risco de DCV, o que corresponde a uma pertinência de valor 0 nos conjuntos médio alto e alto.

Dessa forma, foram calculadas as pertinências do risco em cada conjunto, para assim efetuar o produto entre o risco e a respectiva pertinência. Na sequência, ao obter a razão entre o somatório dos produtos e das pertinências, registrou-se que a média ponderada do risco baixo teve valor 7,40, enquanto a média ponderada do risco médio baixo teve valor 9,82 e a média ponderada do risco médio teve valor 14,38.

Já que o total das médias ponderadas resultou em 31,61, observou-se uma distribuição dos percentuais de 23,42%, 31,07% e 45,51% para os riscos baixo, médio baixo e médio, respectivamente.

Referente ao somatório de produtos dos três riscos, obteve-se 548,29, que dividido pelo somatório das pertinências dos riscos, resultou $548,29/53,24 \approx 10,3$.

3.5 Teste Estatístico

A partir dos dados obtidos na tabela 18, investigou-se a normalidade da distribuição. De fato, por meio de Shapiro-Wilk não foi verificada a normalidade. Com isso, foram relacionadas todas as possíveis duplas das cinco ferramentas e optou-se por recorrer ao Teste de postos sinalizados de Wilcoxon uma vez que não exige que a população tenha distribuição normal (PAGANO; GAUVREAU, 2006), já que os vetores não foram suscetíveis a normalidade. Com efeito, utilizam-se “os procedimentos t de uma amostra para inferência sobre a média de uma população ou para inferência sobre a diferença média num contexto de pares equiparados” (MOORE, 2005, p. 553), e o teste de postos serve para esse contexto, afinal pode-se comparar duas amostras de populações que não sejam independentes. Contudo, o teste pondera afirmação sobre a mediana (PAGANO; GAUVREAU, 2006).

Esse teste não-paramétrico consiste em efetuar a diferença d entre os valores a cada observação de dois vetores, de modo que se considera o valor absoluto de d a fim de atribuir postos de acordo com a sequência crescente, iniciando a contagem em 1. Nessa organização, destaca-se que em caso de diferença nula, o par é desconsiderado na distribuição dos postos, além de que ao se verificar empates, é realizada a média entre os postos. Por fim, considera-se o sinal do valor nas diferenças d , de modo que são somados os postos dos valores negativos, o que acontece analogamente aos valores positivos.

Por fim, obtém-se a soma de postos positivos ou de postos negativos, de modo que em amostras com n pequeno, basta comparar a menor das duas somas denominada T

com o valor crítico determinado por α e os $n - 1$ graus de liberdade, exibido em tabelas estatísticas, a fim de rejeitar ou não a hipótese H_0 , a qual se refere a mediana da população original de diferenças ser igual a 0. Porém, em amostras superiores, além de calcular T , também é calculada a soma média dos postos μ_T e o desvio-padrão σ_T , para obter a estatística z_T , da forma:

$$\begin{aligned}\mu_T &= \frac{n(n+1)}{4} \\ \sigma_T &= \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}} \\ z_T &= \frac{T - \mu_T}{\sigma_T}\end{aligned}\tag{3.3}$$

Ressalta-se que quando H_0 for verdadeira e o tamanho da amostra for suficientemente grande, z_T terá uma distribuição aproximadamente normal e a conclusão do teste é obtida ao compará-lo na tabela de áreas na cauda superior da distribuição normal padrão (PAGANO; GAUVREAU, 2006).

Nesse contexto, como são verificados 54 pares de dados, tem-se $\mu_T = 742,5$ e $\sigma_T = 116,141$. Dada a mesma confiança de 90% com um teste bicaudal, ao realizar o teste para a diferença entre as possíveis duplas de ferramentas consideradas duas casas decimais no vetor d , novamente a única instância em que não se rejeitou a hipótese H_0 foi ao utilizar os vetores com valores oriundos do SBRF e da média dos Testes 1, 2 e 3 de Framingham (ver tabela 20). Esse resultado sugere que a mediana das diferenças entre SBRF e a Média é igual a zero, ou seja, os testes são equivalentes no sentido da mediana ser próxima de zero. Desse modo, verificou-se que as distribuições das demais duplas possíveis rejeitaram a hipótese H_0 , o que permitiu concluir que há diferença significativa entre a mediana desses métodos, dois a dois, apesar de serem preditores atuais, ambos divulgados pelo *Framingham Heart Study*.

Para o SBRF e a média dos testes de Framingham não se deve rejeitar H_0 , sugerindo que a diferença mediana é igual a 0. Isso indica que a porcentagem de risco não se modificou nos dois momentos. Um fato a salientar se refere à quantidade de dados, pois, à priori, foram investigados apenas 22 relatórios, que ocasionou uma amostra de confiança 85%, a qual proporcionou a não rejeição de H_0 somente para a mesma dupla, SBRF e Média.

Tabela 20 – Descrição do teste de Wilcoxon.

Dupla	T	z_T	Área (p)	Situação	Equivalência
SBRF e Teste 1	508	-2,019	$2(0,022)=0,044$	Rejeita H_0	Não
SBRF e Teste 2	175,5	-4,882	0,000...	Rejeita H_0	Não
SBRF e Teste 3	-178	-4,86	0,000...	Rejeita H_0	Não
SBRF e Média	563	-1,546	$2(0,061)=0,122$	Não rejeitar	Sim
Teste 2 e Teste 1	-233	-4,387	0,000 ...	Rejeita H_0	Não
Teste 2 e Teste 3	0	-6,393	0,000...	Rejeita H_0	Não
Teste 3 e Teste 1	19	-6,229	0,000...	Rejeita H_0	Não
Média e Teste 1	370,5	-3,203	$2(0,001)=0,002$	Rejeita H_0	Não
Teste 2 e Média	-19	-6,229	0,000...	Rejeita H_0	Não
Teste 3 e Média	0	-6,393	0,000...	Rejeita H_0	Não

3.6 Características do Método SBRF

Dentre as características do SBRF elaborado, convém ressaltar aspectos como a consistência e a completeza das regras (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007). Pela completeza, observou-se que em todas as variáveis de entrada e saída, os dados do respectivo universo foram representados por um ou dois conjuntos fuzzy com grau de pertinência diferente de zero, sendo que esses conjuntos foram incluídos em algumas regras.

Em função da consistência, foram revisadas as regras a fim de evitar antecedentes similares com conclusões muito diferentes, o que é indesejável pois caracteriza conflito entre as regras.

3.6.1 Comparação entre o Método obtido com o SBRF e a Experiência do Especialista

Quando se usa um sistema de base de regras fuzzy fornecido por um especialista, sua validação é obtida com diversos valores de entrada e saídas respectivas do SBRF e do próprio especialista. Nesse caso, formulou-se um SBRF baseado em informações provenientes de pontuação de testes de Framingham. Então, para validar o modelo foi utilizada a experiência de um especialista que não participou da elaboração do SBRF, que possui experiência de 50 anos na área.

A opinião do especialista foi observada para 16 casos, conforme tabela 21. Os 6 primeiros casos se referem aos pacientes de maior variação registrada no gráfico da Figura 26, que já foram descritos no texto. Os 4 casos seguintes, também estão contidos na amostra de 54 relatórios, porém foram escolhidos aleatoriamente. Finalmente, os pacientes 11 a 13 correspondem ao Exemplo 1, pois foram casos inventados e utilizados na seção seguinte

(3.7.1). Enquanto que os casos 14 a 16 se referem ao Exemplo 2 (casos reais, utilizados na seção 3.7.2).

A fim de observar os dados adequadamente, foram organizados por meio da tabela 21, em que a coluna “Especialista” corresponde ao risco em escala atribuído pelo especialista ao respectivo paciente. Analogamente, a coluna SBRF corresponde a uma escala, que representa em qual conjunto o percentual de risco obtido possui maior pertinência.

Na escala, a notação 1 a 5 se refere ao risco de incidência de doenças cardiovasculares em 10 anos, com classificações que correspondem a: 1 - Baixo, 2 - Médio baixo, 3 - Médio, 4 - Médio alto ou 5 - Alto.

Tabela 21 – Risco de acordo com determinadas características do indivíduo.

Paciente	Idade	CT	HDL	PS	IMC	D	T	Especialista	SBRF
1	60	178	46	130	27,89	1	0	3	3
2	57	233	31	124	30,87	1	0	3	3
3	74	180	77	126	28,38	0	0	3	3
4	53	194	39	154	30,94	1	0	2	2
5	70	251	61	146	26,68	0	0	4	2
6	70	100	46	138	27,55	0	0	3	2
7	52	220	50	132	27,58	0	1	1	2
8	64	153	54	130	29,01	0	0	2	2
9	51	170	43	130	28,96	0	1	1	2
10	67	150	37	124	24,84	0	0	2	2
11	40	-	-	120	19,52	0	0	1	1
12	65	-	-	150	25,49	1	0	3	3
13	70	-	-	170	32,41	1	1	4	5
14	74	-	-	120	25,25	0	0	3	3
15	56	-	-	140	28,98	0	0	2	2
16	68	-	-	160	26,02	0	1	4	3

Por meio dos dados apresentados na tabela 21, destaca-se a semelhança entre os riscos definidos pelo médico bem como pelo método do SBRF. Esse fato pode ser melhor visualizado graficamente na Figura 30.

Dos 16 casos observados no gráfico da Figura 30, nota-se que 10/16 foram coincidentes, o que corresponde a 62,5% dos pacientes. Entretanto, em 5/16 casos foi registrada uma variação de um ponto na escala, o que reflete uma diferença de 20% entre a opinião do especialista e o valor obtido pelo SBRF.

Dessa forma, ao considerar os 15/16 casos descritos, conclui-se que o diagnóstico do risco avaliado em escala pelo especialista e pelo método SBRF foi similar, de modo a

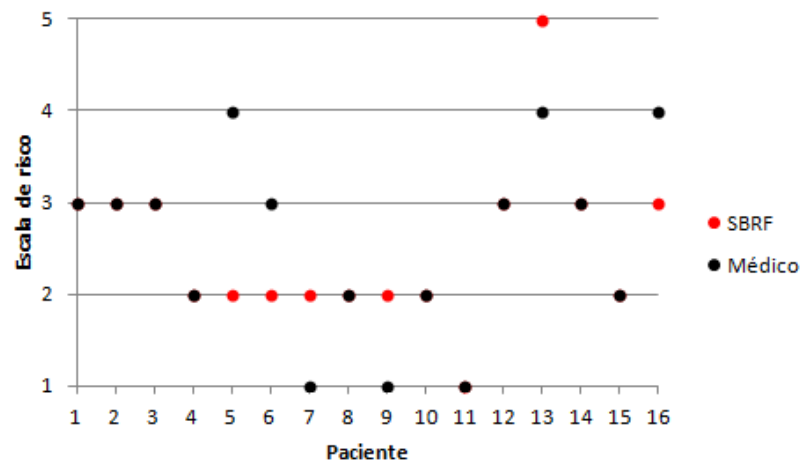


Figura 30 – Semelhança entre os diagnósticos.

resultar um erro insignificante.

Apenas em um caso se verificou uma variação de 40% entre os valores, descrito pelo paciente 5 (que corresponde ao 33 do gráfico da Figura 26, anteriormente destacado pela variação do risco exibida entre os preditores). Conforme já mencionado, uma possível justificativa para esse fato é que o indivíduo possui um colesterol alto de 251 mg/dL , apesar de manter um IMC adequado de $26,68 \text{ kg/m}^2$.

Nesse sentido, ressalta-se que o colesterol não foi necessário para estimar os riscos na maioria dos pacientes (15/16), sugerindo o sucesso do método SBRF proposto.

3.7 Influência da Idade no Diagnóstico

Por meio da base de regras, é possível modelar a influência da idade no risco de desenvolver doença cardiovascular. Dessa forma, pode-se mostrar ao paciente a evolução do seu risco se continuar com as mesmas variáveis, isto é, se não buscar o controle e as mudanças que resultem na prevenção.

Foram selecionados três casos reais (Figura 31), considerando um indivíduo que apresenta as variáveis dentro da normalidade, outro que tem pressão sistólica e IMC alterados, e um terceiro caso, que corresponde a um paciente de risco mais alto, por apresentar pressão elevada, fumar e ter IMC levemente acima do peso.

3.7.1 Exemplo 1

Inicialmente, considerou-se um paciente de 44 anos, que tem pressão arterial sistólica de valor 120 mmHg , não fuma e nem possui diabetes e apresenta um IMC de $25,25 \text{ kg/m}^2$. Logo, seu risco calculado pelo SBRF é de 7,35%. Contudo, considerando

seu risco para a idade 54, 64, 74 e 84 anos, obtém-se os valores 8,42%, 11,21%, 16,05% e 17,26% (mantendo as outras variáveis preditoras constantes).

Entretanto, para um paciente de 46 anos, com pressão sistólica de 140 *mmhg*, não fuma, não tem diabetes, e IMC equivalente a 28,98 kg/m^2 , o risco é de 9,82%, seguindo com 10,72% para 56 anos, 11,87% para 66, 17,31% para 76 e novamente 17,31% para 86 anos (outras variáveis de risco inalteradas).

Ao considerar um indivíduo com 48 anos, com pressão sistólica de 160 *mmhg*, que fuma em média 25 cigarros por dia há 25 anos, não tem diabetes, e tem IMC equivalente a 26,02 kg/m^2 . Seu risco é de 10,69%. Seguindo com 15,44% para 58, 20,4% para 68, 24% para 78 e novamente 24% para 88 anos.

Ressalta-se que nesses casos não foi considerada a evolução do IMC ao longo da idade. Ainda, apesar de no segundo e no terceiro caso os riscos de manifestar DCV serem preditos com mesmo valor para 76 e 86 anos, assim como 78 e 88 anos respectivamente, destaca-se que poderiam ser melhor estimados quando houver disposição de dados reais acerca de pacientes nessa faixa etária. A informação é escassa uma vez que até mesmo os preditores de Framingham não fornecem cálculo possível para idade igual ou superior a 80 anos, conforme relatado no capítulo 1.

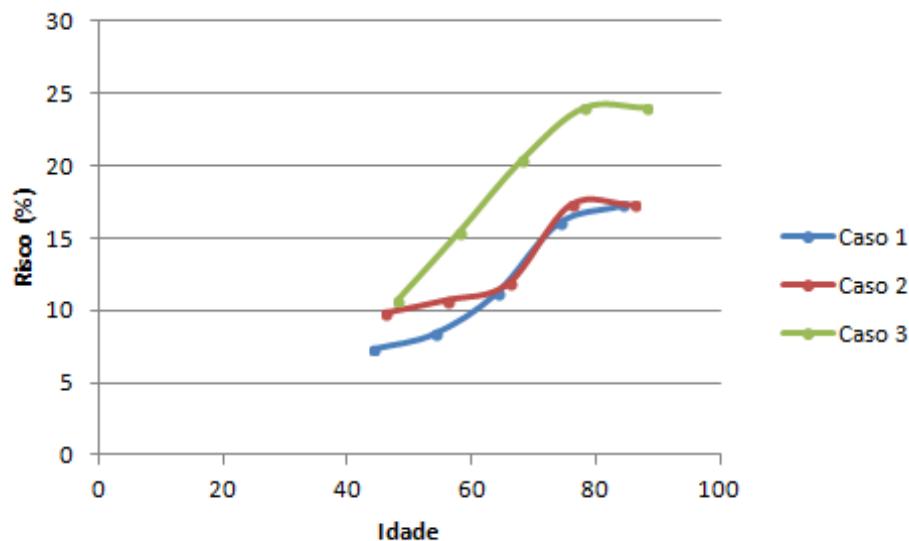


Figura 31 – Variação do risco em função da idade em três indivíduos aleatórios.

3.7.2 Exemplo 2

A fim de investigar detalhadamente o risco, foram elaborados três casos, ambos do sexo masculino com idade inicial de 40 anos, sob o critério de evoluir a idade e consequentemente o IMC - conforme modelo desenvolvido no capítulo 1.

O primeiro consiste de um paciente cujo panorama das variáveis é considerado bom no sentido de “ideal”, cujas características são pressão sistólica de 120 *mmhg*, não fuma, não possui diabetes e tem IMC equivalente a 19,52 kg/m^2 . Na sequência, tem-se um indivíduo intermediário com pressão de 150, que não fuma, possui diabetes e apresenta IMC de 25,49 kg/m^2 . Por fim, outro indivíduo que reflete um panorama “lesado”, pois apresenta pressão sistólica de 170 *mmhg*, fuma em média 30 cigarros por dia desde os 15 anos de idade (representam uma dupla que atribui a saída de valor máximo da base de regras secundária) e ainda apresenta diabetes, contando com um IMC de 32,41 kg/m^2 aos 40 anos. A evolução dos riscos foi exibida na tabela 22, com representação na Figura 32.

Tabela 22 – Análise de três casos: riscos de acordo com a idade e o panorama do indivíduo.

Idade	Bom	Intermediário	Lesado
40	3,61	8,85	21,13
45	3,61	8,93	24
50	7,08	11,22	24
55	8,63	12,97	24
60	9,25	13,88	24
65	11,69	15,97	28,36
70	13,24	16,69	31,12
75	17,25	20,76	33,49
80	17,26	20,36	33,49

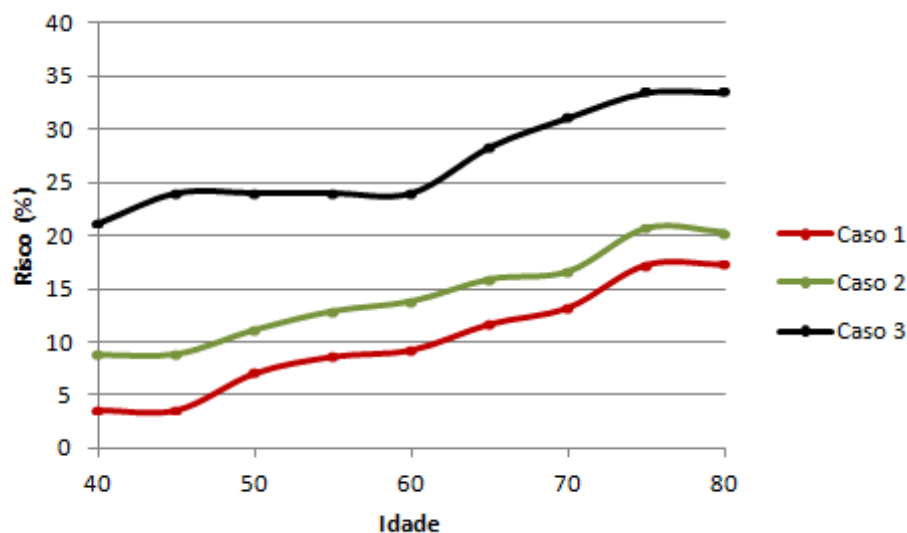


Figura 32 – Evolução de três panoramas.

A Figura 32 evidencia que o risco aumenta com a idade, sendo que o aumento é maior em torno dos 60 anos e a partir dos 75 anos apresenta uma leve diminuição decorrente da diminuição normal do IMC. Além disso, destaca-se que mesmo se referindo

a um caso ideal, o risco de desenvolver doenças cardiovasculares nos próximos 10 anos, a partir dos 75 anos de idade, resultou em valores que possuem pertinência diferente de nula nos conjuntos médio baixo e médio, sendo médio com maior grau de pertinência no conjunto. Nesse contexto, conclui-se que em geral o risco do indivíduo de idade próxima aos 75 anos é médio, ou ainda maior se estiver distante de um panorama ideal.

Ao visualizar os pontos (Figura 32), optou-se em desenvolver a modelagem utilizando do comportamento exponencial assintótico, afinal tem um sentido biológico com relação ao contexto, uma vez que o problema pode se apresentar da forma

$$\begin{cases} \frac{dR}{dt} &= k(R_M - R) \\ R_M &= 40 \end{cases} \quad (3.4)$$

Assim, sabe-se que a tendência do risco é de que, com o passar do tempo e conservação das variáveis, R se iguale a R_M (risco máximo).

Ao integrar 3.4 por variáveis separáveis e considerar $k > 0$, tem-se:

$$\begin{aligned} \int \frac{dR}{R_M - R} &= \int k dt \\ \ln|R_M - R| &= kt + c \\ R_M - R &= e^{kt+c} \\ R_M - R &= Ce^{kt} \\ R &= R_M - Ce^{kt}, t \geq 40 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Em função dos riscos expressos na tabela 22, os quais foram estimados com comportamento monótono não decrescente, pode-se modelar os casos com o uso do Método de Ford-Walford conforme desenvolvido no capítulo 1. Foi considerado o valor do risco 40% como limitante por ser já bastante alto e o valor da idade inicial como 40 anos.

Os três casos estudados, com condições iniciais distintas, foram ajustados com curvas exponenciais assintóticas dadas por:

$$y = 40 - 62,981e^{-0,013t}, t \geq 40 \quad (3.6)$$

$$y = 40 - 54,215e^{-0,013t}, t \geq 40 \quad (3.7)$$

$$y = 40 - 65,392e^{-0,028t}, t \geq 40 \quad (3.8)$$

com $R^2 = 0,96$, $R^2 = 0,95$ e $R^2 = 0,87$, respectivamente. A representação dos modelos obtidos e dos pontos reais é visualizada a seguir, na Figura 33.

Com efeito, encontrou-se para o caso 1 um erro relativo de 0,1001, seguido de um erro relativo de 0,0647 para o caso 2 e 0,0716 para o caso 3. Ainda, é possível verificar como se desenvolveu a influência da idade sobre o risco, de forma a manter as demais variáveis constantes, incluindo o IMC. As representações obtidas considerando uma malha

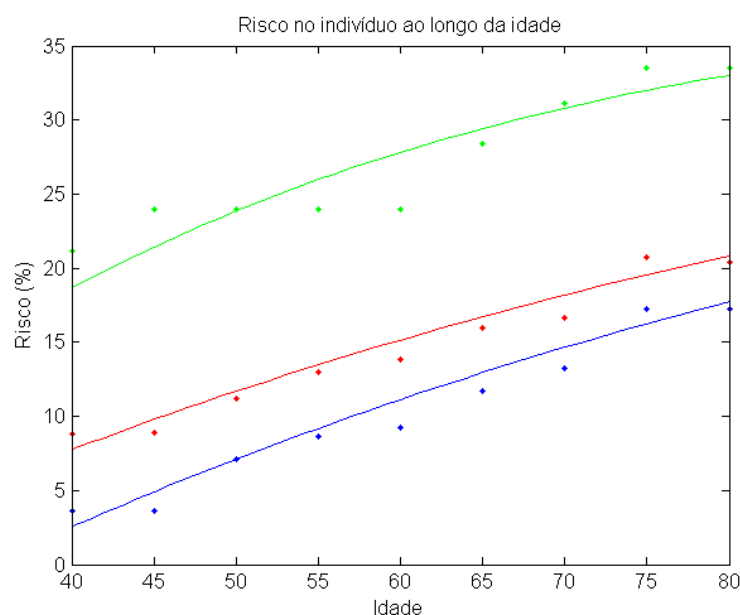


Figura 33 – Evolução do risco de doenças cardiovasculares nos indivíduos de panoramas bom, intermediário e lesado.

particionada em 100 intervalos igualmente distribuídos para a idade são visualizadas na Figura 34.

Por meio dos gráficos (Figura 34), evidencia-se que a maior variação do risco em função da idade aconteceu em torno dos 50 a 75 anos, sendo que houve alguns decréscimos nos valores do riscos, observadas em vezes que se alterou uma unidade da idade. Isso acontece em função da transição entre os conjuntos. Contudo, o erro relativo foi desprezível. Um fato a salientar é que o valor obtido está de acordo com a literatura, uma vez que a idade média dos homens vítimas das DCV é de 56 anos (BRASIL, 2014).

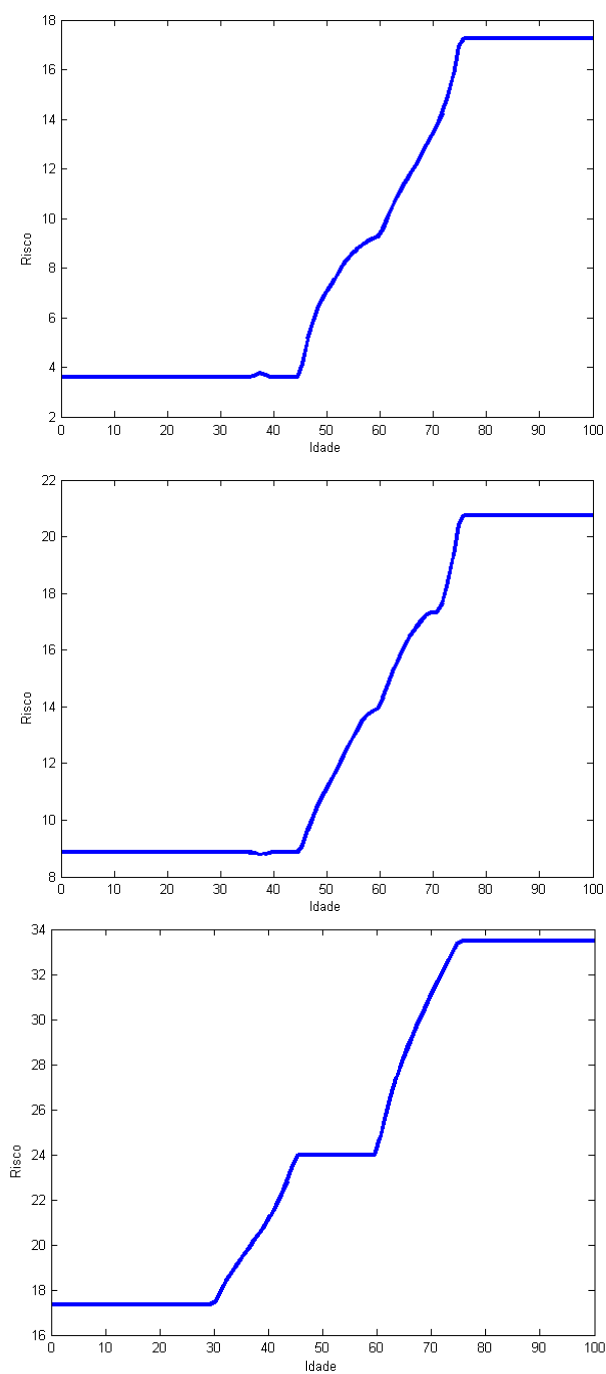


Figura 34 – Influência da idade no risco dos panoramas bom, intermediário e lesado, respectivamente.

4 Conclusões e Considerações Finais

Por meio dessa pesquisa, verificou-se a possibilidade de representar diferentes anomalias e patologias do organismo através de conjuntos fuzzy, os quais são variáveis fundamentais ao analisar a propensão do indivíduo às doenças cardiovasculares, devido à subjetividade intrínseca dos diagnósticos.

No capítulo 1 foram apresentadas ferramentas que auxiliam nos diagnósticos de doenças cardiovasculares. Baseando-se nisso, pode-se estudar o fenômeno, o que é motivado ao contrapor as conclusões obtidas a partir da literatura com a opinião do especialista.

Por meio dos resultados parciais, estima-se ser possível dispor uma nova forma de interpretação dos dados do paciente, de modo a auxiliar os profissionais da saúde, para orientar variáveis que exigem um maior acompanhamento do próprio paciente. Com isso, torna-se possível controlá-las, detectar as anomalias já manifestadas e prever o risco da incidência de anomalias de natureza cardiovascular, o que pode desencadear um quadro de tratamento mais complexo.

Ao inferir diagnósticos da incidência de doenças cardiovasculares previamente, pode-se obter resultados eficazes de tratamento com maior tendência a evitá-los. Dessa forma, é válida a elaboração de modelos que propiciam prever e prevenir a incidência de doenças cardiovasculares, de modo a possibilitar avanços e contribuições para com a comunidade científica e a sociedade como um todo.

Nesse sentido, evidencia-se a semelhança entre a lógica fuzzy à “forma de raciocinar do médico na sua prática diária podendo ser utilizada na tentativa de automatizar decisões e criar modelos de processamento de dados que tenham desempenho final semelhante ao de um ser humano” (DUARTE, 2004, p. 3).

Ao considerar fatores como tabagismo e dieta alimentar envolvidos no risco de doenças cardiovasculares, motiva-se o cuidado com relação a esses aspectos, o que se adapta a proposta da WHO, uma vez que a OMS desenvolveu o “Plano de Ação Global para a prevenção e controle de doenças não transmissíveis 2013-2020”, a fim de cumprir objetivos acerca das doenças não transmissíveis elencadas em setembro de 2011. Esta ação se torna um plano para o controle do tabaco e da dieta, atividade física e saúde. De acordo com a OMS, durante a vigência se estima que o plano contribua para o progresso em 9 metas globais a atingir em 2025, o que inclui reduzir 25% da mortalidade prematura por doenças não transmissíveis em 2025 e suspender as taxas de obesidade globais registradas em 2010 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015b). Dessa forma, os modelos podem auxiliar na intervenção do especialista ou mesmo estar ao livre acesso à população, a fim de que seja estimulada prevenção por meio do acesso ao conhecimento e que a proposta

do SBRF sirva como estratégia para intervir e assim reduzir o risco. Além disso, torna-se possível adaptar o estudo de modo a aproximá-lo da atualidade e realidade brasileira, a qual possui cultura e costumes diferentes da sociedade que subsidiou a pesquisa que desenvolveu o Escore de Framingham.

Destaca-se que por meio da modelagem de percentis da população que relaciona grupo de idade e IMC, foi possível estabelecer intervalos a fim de verificar se o indivíduo que apresenta determinado IMC está entre a normalidade comparado a população em geral. Através dos resultados, é possível informar ao indivíduo, além da faixa em que se encontra o seu IMC, qual é a sua realidade com relação a população em geral, a fim de conscientizá-lo sobre possíveis mudanças necessárias. Analogamente, ao tornar constantes as variáveis e modificar apenas a idade, o indivíduo pode conhecer qual seu risco futuro se continuar com os hábitos que têm, o que também pode auxiliar na conscientização e incentivar mudanças a fim da prevenção.

O fato de que as três ferramentas do estudo de Framingham forneceram resultados que rejeitaram a hipótese H_0 do teste, mostrou que há casos que têm grande divergência de resultados, o que torna questionável o uso. De fato, ao comparar a média resultante com o resultado do SBRF e validar a hipótese H_0 , observou-se que a ferramenta desenvolvida de modo a considerar as subjetividades, pode realmente contribuir com os diagnósticos.

Uma possível justificativa para a exorbitante diferença entre os três preditores de Framingham, é que apesar de utilizado no Brasil, esse estudo foi desenvolvido ao pesquisar indivíduos de outras nacionalidades. Com isso, observa-se a vantagem em utilizar do SBRF, por estar de acordo com a média das ferramentas de Framingham, e ter sido validado em brasileiros.

Sabe-se que o risco feminino para desenvolver doença cardiovascular é inferior ao risco masculino quando têm as mesmas características, o que também é retratado nas tabelas do estudo de Framingham e pode ser adequadamente considerado nas regras ao elaborar um SBRF feminino. Referente a isso, pode-se citar que o SBRF feminino não foi elaborado uma vez que houveram poucos relatórios femininos disponíveis, o que compromete as discussões e a possível validação do método.

Devido à carência de informações referentes ao hábito de fumar, destaca-se que o SBRF secundário não foi de todo avaliado e validado, afinal a informação disponível nos relatórios foi apenas se o paciente fumava ou não. Para as análises, apenas considerou-se um indivíduo que nunca fumou ou então um indivíduo que fumou com tempo e frequência máximos. E assim os conjuntos Pouco e Muito da Figura 14 tiveram ativação máxima em um deles, e nula no outro nos casos reais, de modo a obter valores intermediários apenas nos exemplos fictícios.

Uma sugestão para trabalhos futuros é compor a saída risco masculino com mais um conjunto, de forma a possuir 6 classificações, assim estima-se tornar as curvas nos gráficos das Figuras 31, 32, 33 e 34 mais suaves. Além disso, é possível aprofundar os estudos referente a intervalos para o índice IGA criado (seção 1.3), a fim de obter uma base de regras que proporcione melhores resultados do que ao utilizar o IMC.

Um fato a ressaltar se refere a vantagem em utilizar da predição por meio do SBRF, afinal considera aspectos subjetivos nos intervalos e pode operar com diversas regras. Além disso, a aceitação da hipótese H_0 estatística ao relacionar o SBRF e a média dos preditores de Framingham torna o estudo aceitável.

Como houve considerável divergência entre os riscos avaliados pelos preditores de Framingham, foi interessante considerar a média entre os três ou, de forma mais simples, o valor atribuído pelo SBRF. No momento em que o médico indica o diagnóstico, ao obter valores entre 5% e 15%, é indicada uma investigação mais aprofundada, de forma a analisar outros fatores de risco, como uso de medicamentos, a rotina do paciente e seu histórico familiar.

A fim de elencar uma desvantagem no método, encontra-se a necessidade de utilizar de um software matemático, o *Matlab*, já que se trata de um programa que não tem download gratuito. Além disso, destaca-se a complexidade de operar com um sistema formado por um número significativo de regras, de forma que poderia ser programada uma rotina computacional, a fim de contribuir com as operações do método de Mamdani. Contudo, formas de calcular online o risco como a “*risk calculator*” podem ser criadas futuramente.

Referências

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. *Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática*. Campinas, SP: Unicamp, 2010.

BASSANEZI, B. S. B.; FILHO, A. G. O.; UDELSMANN, A. *Construção de um modelo matemático fuzzy para predizer o risco de vômitos pós-operatórios numa população pediátrica oncológica a partir da determinação dos fatores de risco*. Campinas, SP: Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, 2011. (Tese Doutorado).

BASSANEZI, R. C. *Equações Diferenciais Ordinárias: Um curso introdutório*. Santo André, SP: UFABC, 200–.

_____. *Temas e modelos*. Campinas, SP: Unicamp, 2012.

BBC BRASIL. *Fumar pouco não reduz risco de doenças, diz estudo*. 2006. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/ciencia/story/2006/11/061128_cigarrofigm.shtml>.

BRASIL. *Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes no país*. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>>.

BRAUNWALD, E. *Atlas de doenças cardiovasculares*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

CASTANHO, M. J. P. *Construção e avaliação de um modelo matemático para predizer a evolução do câncer de próstata e descrever seu crescimento utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy*. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2005. (Tese Doutorado).

DUARTE, P. S. V. *Definição de conduta na investigação de doença coronária obstrutiva utilizando teoria de conjuntos fuzzy aplicada a dados clínico-epidemiológicos, ergométricos e cintilográficos*. São Paulo: Faculdade de Ciências Médicas, Universidade de São Paulo, 2004. (Tese de Doutorado).

DÁVILA, V. H. L. *Aula: Inferência estatística*. 200–. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/~hlachos/Inferencia.pdf>>.

FRAMINGHAM HEART STUDY. *History of the Framingham Heart Study*. 200–. Disponível em: <<https://www.framinghamheartstudy.org/about-fhs/history.php>>.

_____. *Hard Coronary Heart Disease (10-year risk)*. 2001. Disponível em: <<https://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/coronary-heart-disease/hard-10-year-risk.php>>.

_____. *Cardiovascular Disease (10-year risk)*. 2008. Disponível em: <<http://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/cardiovascular-disease/10-year-risk.php>>.

HAUN, D. R.; PITANGA, F. J. G.; LESSA, I. Razão cintura/estatura comparado a outros indicadores antropométricos de obesidade como preditor de risco coronariano elevado. *Rev Assoc Med Bras*, v. 55, n. 6, p. 705–711, 2009.

JAFELICE, R. S. M.; BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C.; GOMIDE, F. Fuzzy modelling in symptomatic hiv virus infected population. *Bulletin of Mathematical Biology*, v. 66, p. 1597–1620, 2004.

KENCHAIHAH, S.; EVANS, J. C.; LEVY, D.; WILSON, P. W. F.; BENJAMIN, E. J.; LARSON, M. G.; KANNEL, W. B.; VASAN, R. S. Obesity and the risk of heart failure. *N Engl J Med*, v. 347, n. 5, p. 305–313, 2002.

KRIEGER, J. E. *Bases moleculares das doenças cardiovasculares: A integração entre a pesquisa e a prática clínica*. São Paulo, SP: Atheneu, 1998.

LIBBY, P.; BONOW, R. O.; MANN, D. L.; ZIPES, D. P. *Braunwald Tratado de doenças cardiovasculares*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MACHADO, P. A. N.; SICHIERI, R. Relação cintura-quadril e fatores de dieta em adultos. *Rev Saúde Pública*, v. 36, n. 2, p. 198–204, 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Vigilância alimentar e nutricional - SISVAN*. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <http://189.28.128.100/nutricao/docs/geral/orientacoes_basicas_sisvan.pdf>.

MOHAMAD, T. N.; AFONSO, L. C.; RAMAPPA, P.; HARI, P.; ALI, Y. S.; TALAVERA, F.; OLSHANSKY, B. *Primary and Secondary Prevention of Coronary Artery Disease*. 2015. Disponível em: <<http://emedicine.medscape.com/article/164214-overview#a1>>.

MOL. *Módulo 11: Sistema Circulatório*. 200–. Disponível em: <<http://www.icb.usp.br/mol/11-menumod11.html>>.

MOORE, D. *A estatística básica e sua prática*. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MORETTIN, L. G. *Estatística Básica: Probabilidade e inferência*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE. *NHLBI's Framingham Heart Study Finds Strong Link Between Overweight/Obesity And Risk For Heart Failure*. 2002. Disponível em: <<http://www.nhlbi.nih.gov/news/press-releases/2002/nhlbi-framingham-heart-study-finds-strong-link-between-overweightobesity-and-risk-for-heart-failure>>.

PAGANO, M.; GAUVREAU, K. *Princípios de bioestatística*. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. *Fuzzy systems engineering toward human-centric Computing*. Hoboken, NJ, EUA: IEEE Press/John Wiley & Sons, 2007.

PEIXOTO, M. S. *Sistemas dinâmicos e controladores Fuzzy: um estudo da dispersão da morte súbita dos citros em São Paulo*. Campinas, SP: Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. (Tese de Doutorado).

PICON, P. X.; LEITÃO, C. B.; GERCHMAN, F.; AZEVEDO, M. J.; SILVEIRO, S. P.; GROSS, J. L.; CANANI, L. H. Medida da cintura e razão cintura/quadril e identificação de situações de risco cardiovascular: Estudo multicêntrico em pacientes com diabetes melito tipo 2. *Arq Bras Endocrinol Metab*, v. 51, n. 3, p. 443–449, 2007.

- PITANGA, F. J. G.; LESSA, I. Sensibilidade e especificidade do índice de conicidade como discriminador do risco coronariano de adultos em salvador, brasil. *Rev. Bras. Epidemiol.*, v. 7, n. 3, p. 259–269, 2004.
- RODRIGUES, T. F. F.; PHILIPPI, S. T. Avaliação nutricional e risco cardiovascular em executivos submetidos a check-up. *Rev Assoc Med Bras*, v. 54, n. 4, p. 322–327, 2008.
- SANTOS, L. R. *Estratégias para controle de pragas: Sistemas p-fuzzy com controle híbrido*. Campinas, SP: Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, 2008. (Dissertação de Mestrado).
- SILVEIRA, G. P. *Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy na predição do estadiamento patológico do câncer de próstata*. Campinas, SP: Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, 2007. (Dissertação de Mestrado).
- SILVEIRA, G. P.; VENDITE, L. L.; BARROS, L. C. Software desenvolvido a partir de um modelo matemático fuzzy para prever o estágio patológico do câncer de próstata. *Biomatemática*, v. 18, p. 27–36, 2008.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. *Cálculos em Nefrologia*. 199–. Disponível em: <<http://arquivos.sbn.org.br/equacoes/eq5.htm>>.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. *Valores de Referência*. 199–. Disponível em: <https://www.sbp.com.br/img/documentos/valores_referencia.pdf>.
- THIEMANN, O. *Sistema circulatório e linfático*. 201–. Disponível em: <<http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/apost-fisiol-parte2.pdf>>.
- TURA, B. R.; VIANNA, D.; SILVA, N. A. S.; PEREIRA, B. B. Risco cardiovascular por framingham: uma análise de sensibilidade. *Rev. Bras. Cardiol.*, v. 19, n. 5, p. 409–412, 2006.
- UNIVERSIDADE ABERTA DO SUS. *Infarto mata mais de 70 mil brasileiros por ano*. 2010. Disponível em: <<http://www.unasus.ufma.br/site/servicos/noticias/9-geral/338-infarto-mata-mais-de-70-mil-brasileiros-por-ano>>.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Cardiovascular diseases*. 200–. Disponível em: <http://www.who.int/topics/cardiovascular_diseases/en/>.
- _____. *Cardiovascular diseases, deaths per 100000: Data by country*. 201–. Disponível em: <<http://apps.who.int/gho/data/node.main.A865CARDIOVASCULAR?lang=en>>.
- _____. *The top 10 causes of death*. 2014. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index2.html>>.
- _____. *Cardiovascular diseases (CVDs)*. 2015. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>>.
- _____. *Obesity and Overweight*. 2015. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>>.

Apêndices

APÊNDICE A – SBRF para Homens

Na sequência está o sistema de base de regras fuzzy elaborado para avaliar o risco de DCV em homens.

1. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é B;
2. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é B;
3. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é B;
4. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é B;
5. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é MB;
6. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é M;
7. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é B;
8. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é B;
9. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é B;
10. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é MB;
11. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é MB;
12. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é M;
13. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é B;
14. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é B;
15. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é B;
16. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é MB;
17. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é MB;
18. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é M;
19. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é B;
20. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é B;
21. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é MB;
22. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é MB;
23. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é M;
24. Se Idade é B e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é M;
25. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é B;
26. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é B;
27. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é B;
28. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é MB;
29. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é MB;
30. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é M;
31. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é B;
32. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é B;
33. Se Idade é B e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é MB;

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

M;

151. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é MB;
152. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é MB;
153. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é M;
154. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é M;
155. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é M;
156. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é M;
157. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é MB;
158. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é MB;
159. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é M;
160. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é M;
161. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é M;
162. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é M;
163. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é MB;
164. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é M;
165. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é M;
166. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é MA;
167. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é MA;
168. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é B e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é MA;
169. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é MB;
170. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é MB;
171. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é MB;
172. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é M;
173. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é M;
174. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é MA;
175. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é MB;
176. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é MB;
177. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é M;
178. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é M;
179. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é MA;
180. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é MA;
181. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é MB;
182. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é MB;

183. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é M;
184. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é M;
185. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é MA;
186. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é MA;
187. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é M;
188. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é M;
189. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é M;
190. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é MA;
191. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é A;
192. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é M e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é A;
193. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é MB;
194. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é MB;
195. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é M;
196. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é M;
197. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é M;
198. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é MA;
199. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é M;
200. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é M;
201. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é M;
202. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O1 então Risco é M;
203. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é O2 então Risco é MA;
204. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Pouco e Diabetes é Sim e IMC é OM então Risco é MA;
205. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é S então Risco é M;
206. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é I então Risco é M;
207. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é A então Risco é M;
208. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O1 então Risco é M;
209. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é O2 então Risco é MA;
210. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Não e IMC é OM então Risco é MA;
211. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é S então Risco é M;
212. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é I então Risco é M;
213. Se Idade é MA e Pressão Sistólica é A e Tabagismo é Muito e Diabetes é Sim e IMC é A então Risco é MA;

- [illegible]

- [illegible]

Base de Regras Secundária para Homens

Esta base de regras foi mencionada no capítulo 3 e corresponde ao hábito de fumar. A saída desse pequeno sistema se torna a entrada no SBRF principal.

1. *Se Frequência é Pouco e Tempo é Pequeno então Tabagismo é Escala 1;*
2. *Se Frequência é Pouco e Tempo é Médio então Tabagismo é Escala 2;*
3. *Se Frequência é Pouco e Tempo é Grande então Tabagismo é Escala 3;*
4. *Se Frequência é Frequente e Tempo é Pequeno então Tabagismo é Escala 2;*
5. *Se Frequência é Frequente e Tempo é Médio então Tabagismo é Escala 3;*
6. *Se Frequência é Frequente e Tempo é Grande então Tabagismo é Escala 4;*
7. *Se Frequência é Muito e Tempo é Pequeno então Tabagismo é Escala 3;*
8. *Se Frequência é Muito e Tempo é Médio então Tabagismo é Escala 4;*
9. *Se Frequência é Muito e Tempo é Grande então Tabagismo é Escala 5.*

APÊNDICE B – Correlação entre Variáveis do Estudo de Framingham

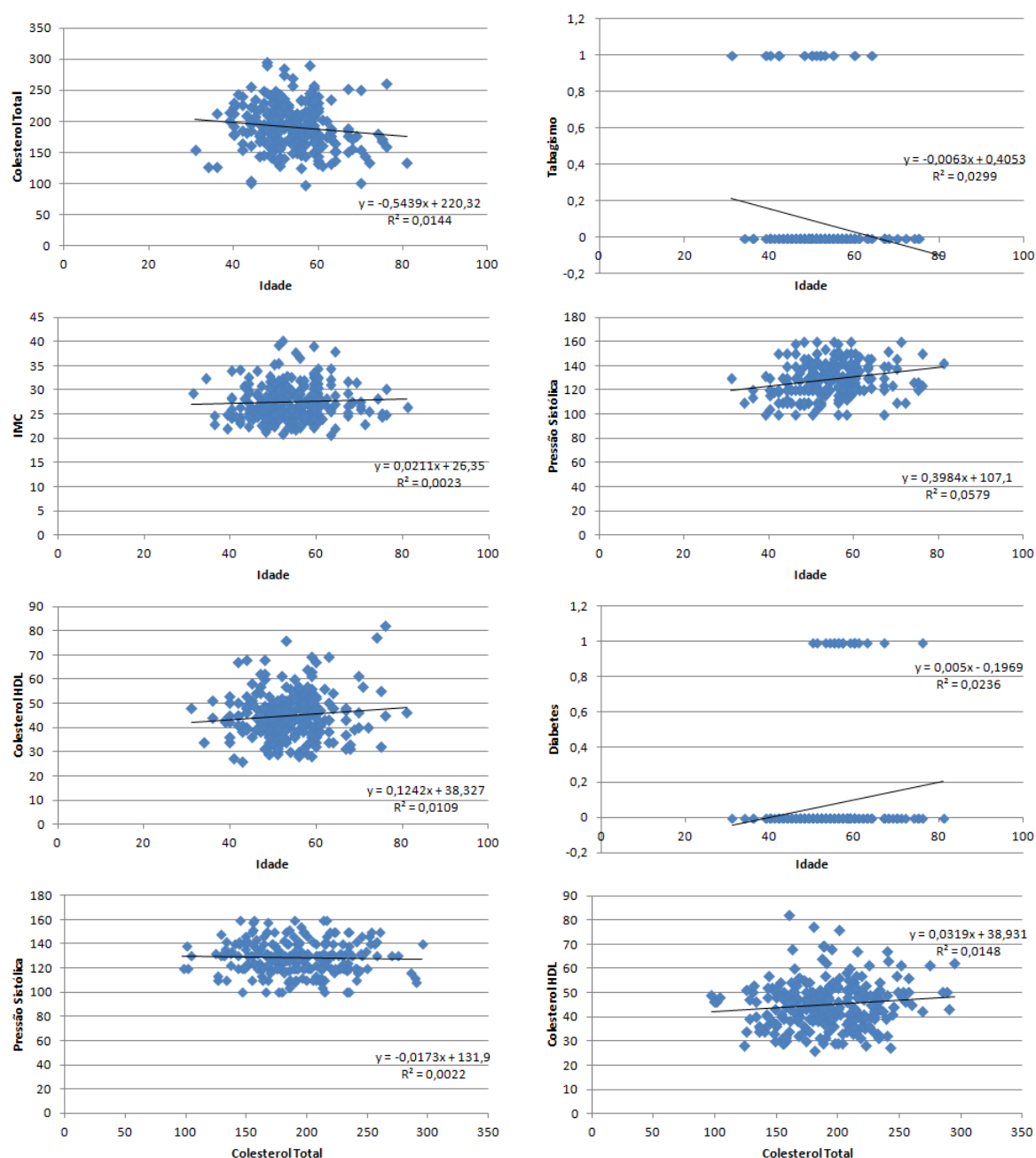


Figura B.1: Verificação de correlação linear entre as variáveis.

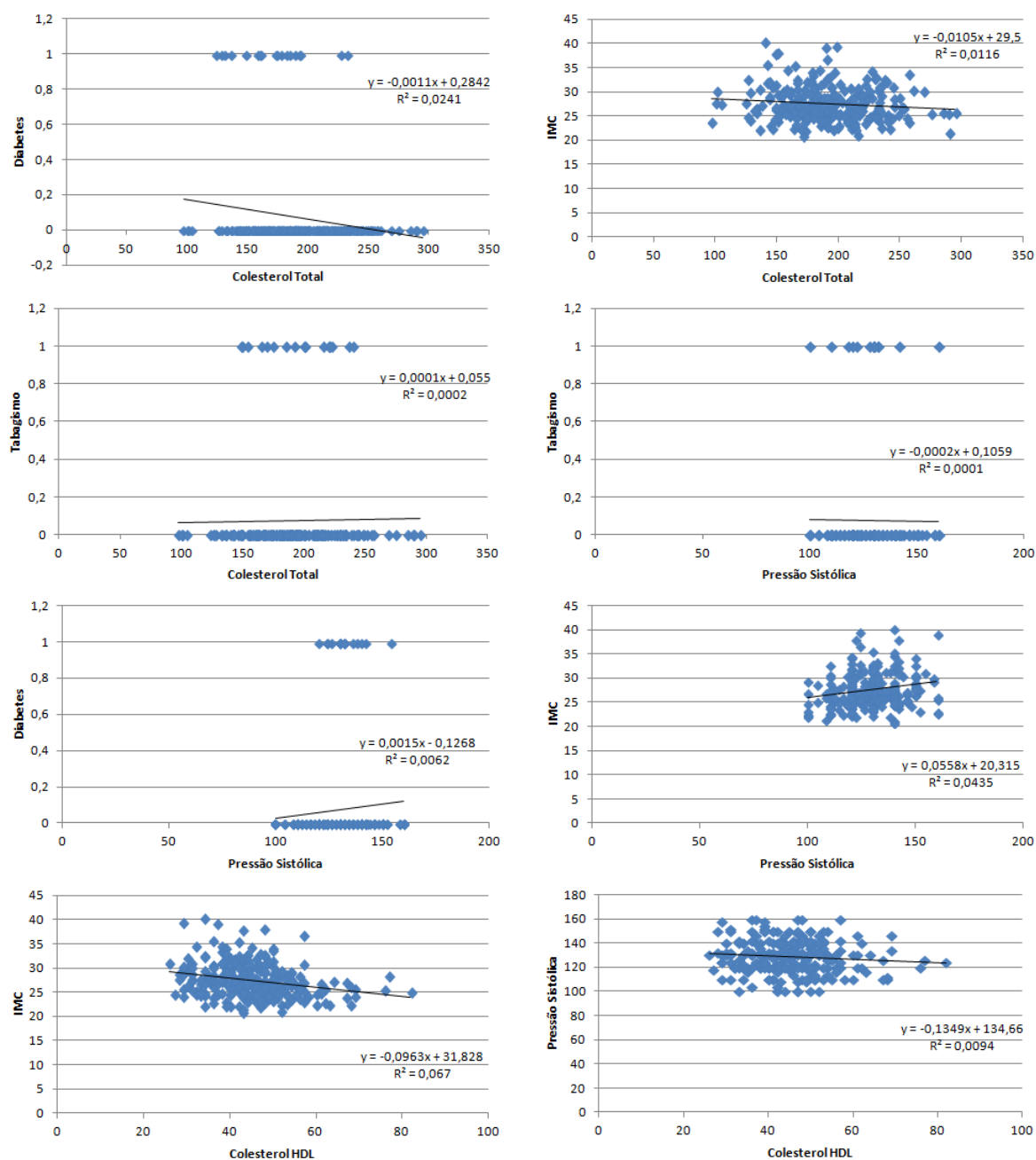


Figura B.2: Verificação de correlação linear entre as variáveis.

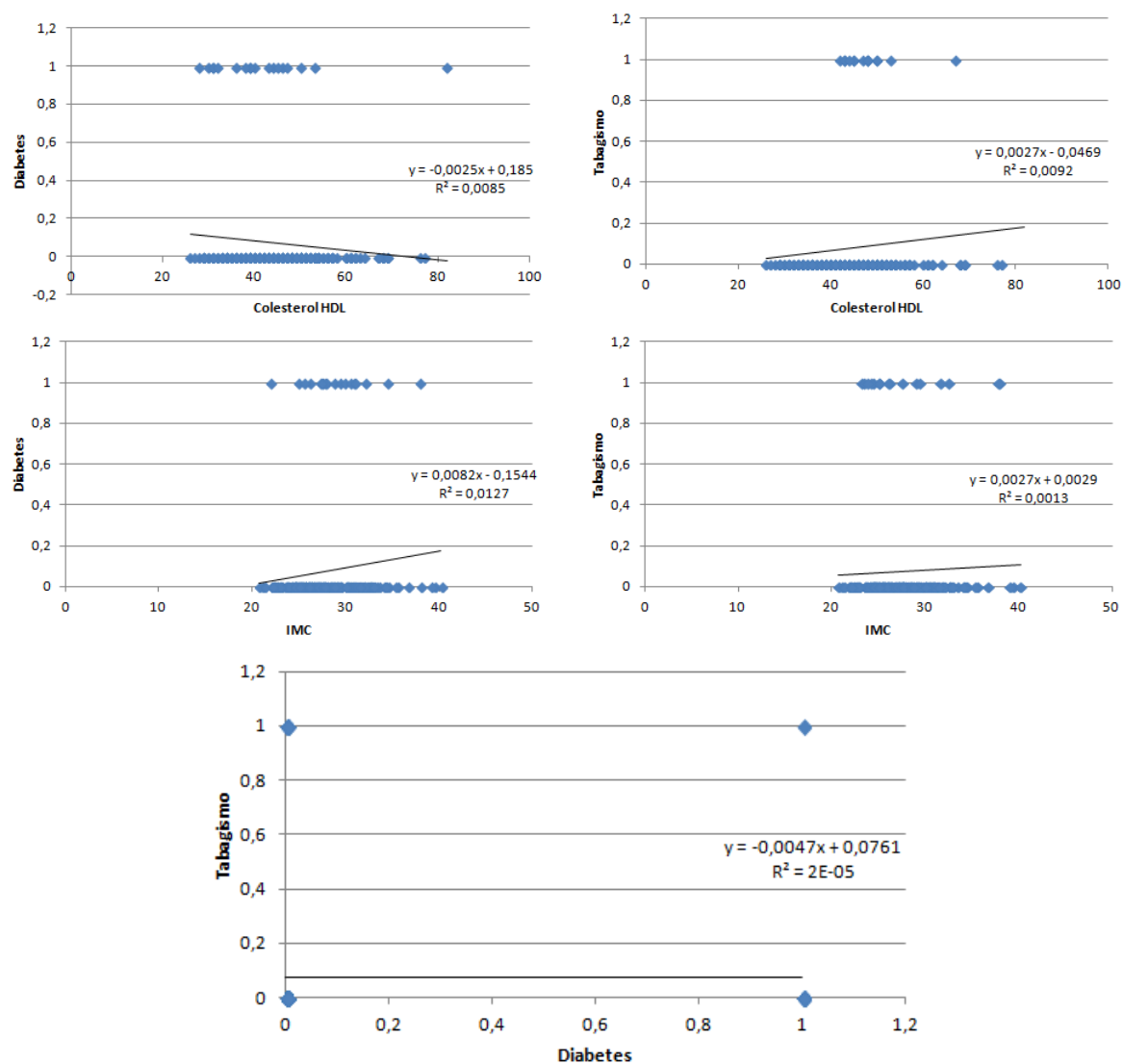


Figura B.3: Verificação de correlação linear entre as variáveis.

APÊNDICE C – Tabela com Características e Riscos dos Pacientes

Tabela C.1: Características e riscos para cada paciente.

Paciente	Idade	CT	HDL	PS	IMC	D	T	Teste 1	Teste 2	SBRF	Teste 3	Média
1	75	168	32	120	25,09	0	0	27,7	26,9	17,24	20	24,87
2	60	178	46	130	27,89	1	0	22,7	28,6	17,31	12	21,10
3	64	136	34	122	22,01	0	0	14,2	16,3	11,09	10	13,50
4	53	201	76	120	25,47	0	0	5,9	10,2	8,11	4	6,70
5	58	219	57	120	27,04	0	0	10,9	13,9	9,12	8	10,93
6	46	177	54	120	26,47	0	0	4,6	6,9	7,35	2	4,50
7	56	185	39	152	23,01	0	0	17,6	16,7	8,87	12	15,43
8	56	183	48	140	25,06	0	0	12,6	15,5	10,42	10	12,70
9	59	207	34	130	27,69	0	0	19,5	17	9,27	16	17,50
10	51	233	43	120	23,81	0	0	10,3	8,7	7,35	6	8,33
11	51	170	43	130	28,96	0	1	15,8	22,1	11,87	12	16,63
12	49	193	53	142	24,47	0	0	8,5	10,6	8,82	3	7,37
13	51	185	42	104	24,98	0	0	6,3	7	7,66	5	6,10
14	57	233	31	124	30,87	1	0	30	24,8	14,32	12	22,27
15	74	180	77	126	28,38	0	0	15	30	16,1	8	17,67
16	52	237	42	130	32,47	0	1	23,7	25,2	12,26	16	21,63
17	43	181	26	130	30,95	0	0	8,7	7,3	9,19	2	6,00
18	40	178	50	120	34,1	0	0	3,3	5,5	8,63	1	3,27
19	53	194	39	154	30,94	1	0	27	28,8	13,89	8	21,27
20	55	200	52	146	25,27	0	0	13,2	15,9	11,45	10	13,03
21	54	269	42	130	30,05	0	0	16,7	14	12,34	10	13,57
22	53	215	57	142	30,81	0	0	11,2	15,7	12,68	6	10,97
23	59	189	69	134	24,12	0	0	10,2	16,2	9,29	6	10,80
24	31	154	48	130	29,39	0	1	3	5,2	9,07	1	3,07
25	41	243	27	118	24,51	0	0	8,4	4,5	6,41	4	5,63
26	52	220	50	132	27,58	0	1	19,6	23,1	12,26	12	18,23
27	54	195	43	130	25,21	0	0	11,7	12,3	8,43	6	10,00

Continuação													
Paciente	Idade	CT	HDL	PS	IMC	D	T	Teste 1	Teste 2	SBRF	Teste 3	Média	
28	47	184	47	108	26,92	0	0	4,8	6,2	5,05	3	4,67	
29	53	194	51	134	28,96	0	0	10	13,6	9,21	5	9,53	
30	46	219	39	130	29,48	0	0	9	8,6	9,58	8	8,53	
31	47	146	38	120	30,83	0	0	5,5	8,3	10,29	2	5,27	
32	50	164	42	140	35,31	0	0	9,1	14,4	11,49	6	9,83	
33	70	251	61	146	26,68	0	0	28,1	30	13,33	12	23,37	
34	52	225	36	130	29,97	0	0	14,2	12,5	12,03	10	12,23	
35	44	196	40	120	29,5	0	0	5,9	6,6	7,35	1	4,50	
36	42	154	41	150	26,42	0	0	5,9	7,8	8,99	1	4,90	
37	52	285	50	116	25,57	0	0	11,1	9,1	7,76	8	9,40	
38	60	216	67	126	26,94	0	0	11,3	16,6	9,27	6	11,30	
39	67	150	37	124	24,84	0	0	17,1	20,8	12,26	12	16,63	
40	48	191	40	120	24,46	0	0	7,5	7,4	6,45	3	5,97	
41	70	100	46	138	27,55	0	0	12,8	29,8	13,6	16	19,53	
42	59	149	50	136	31,34	0	0	10,8	20	16,29	5	11,93	
43	40	180	42	116	26,04	0	0	3,6	4,2	6,34	1	2,93	
44	52	140	34	140	40,22	0	0	10,4	17,7	15,91	5	11,03	
45	59	174	54	130	26,19	0	0	10,9	16,3	9,27	8	11,73	
46	55	158	44	136	26,26	0	0	10,5	14,5	9,61	6	10,33	
47	43	209	38	130	28,18	0	0	7,2	6,8	9,07	4	6,00	
48	51	198	29	124	39,44	0	0	13	13,4	13,64	6	10,80	
49	57	208	48	130	26,94	0	0	13,3	15,1	9,07	12	13,47	
50	64	153	54	130	29,01	0	0	12,1	22,1	11,09	8	14,07	
51	60	132	53	136	26,26	0	0	9,5	18,5	9,63	8	12,00	
52	58	207	46	114	23,6	0	0	11,3	11,5	9,2	10	10,93	
53	47	191	62	120	22,86	0	0	4,7	6,6	5,57	2	4,43	
54	54	163	50	120	26,45	0	0	7,3	11,1	8,42	4	7,47	